This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

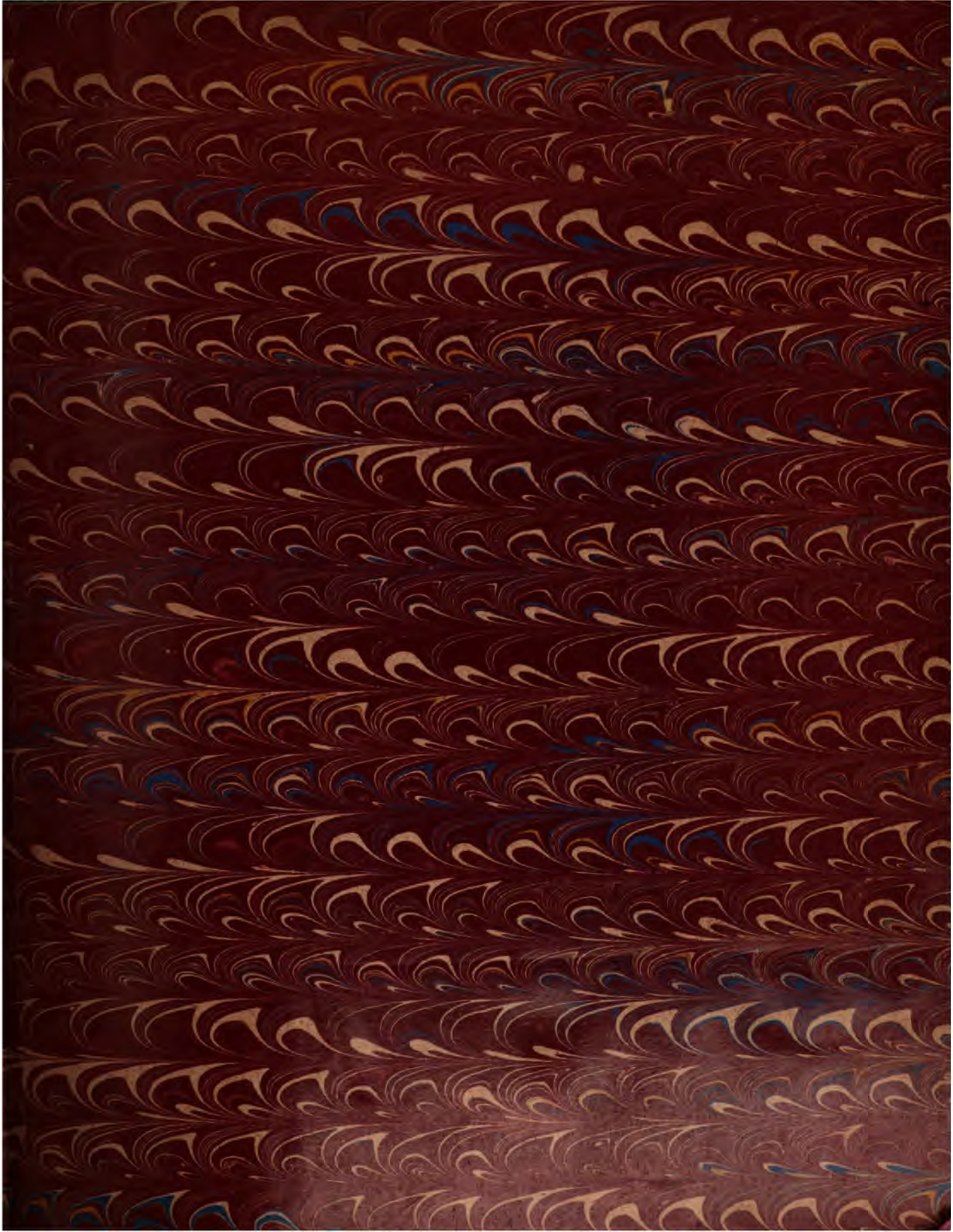
Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.



ni DD. Stephani regis Poloniae etc. in duos libros di-
signum Hippogriphi (a).

questo particolare ho trovato un MS. colla data del
itolato *le scoperte cabale della Francia nelle guerre*
lv[illegible], e Turchi nell' Ungheria in proposito della Pol-
[illegible]tore è anonimo.)
inoltre un Sonetto *per lo stendardo ottomanno*
to dal Re di Pollonia, in cima del quale si vede una
bronzo dorato.

questo stendardo adunque, ora nel museo della vo-
cietà letteraria, potrete far metter d'apresso il So-
nedesimo suo contemporaneo. L'autore fu *Domenico*
i,

rendi, o gran Re: questo è quel segno altero,
Nunzio di strage, e apportator di morte,
Che mercè di tua destra ardita e forte
Preda restò nel trionfante Impero.
rendilo pur: che il tuo valor guerriero
Merta più grande e portentosa sorte:
Anzi appendilo là dentro alle porte,
Lieto trofeo del Tribunal di Piero. (b)
n è dover che a' tuoi gloriosi ammanti
S'abbassi umile un sì famoso pondo,
E scorran da per tutto i plausi erranti;
sia quel globo auspicio a te secondo,
Precorrendo la fama i tuoi gran vanti
D'essere un dì Dominator del Mondo.

Di queste, ed altre poesie d'Italiani in lode dei re di Pollonia, e di
Nazione darò più diligente notizia nella mia *Italia in Pollonia*.
E' noto che lo consacrò, nella Chiesa della Madonna di Loreto, don-
Legione Pollacca, comandata dal generale Dombrowski a tempo della
ne francese se ne impadronì per salvarlo dalla distruzione.

Udite ora quello che scrisse il Fagiuoli dello stesso re nell'anno 1690. = Il re di Pollonia si chiama Giovanni III. è di casa Sobieski, al presente di età d'anni 64 in circa, di statura grande, di pelo tra rosso e bianco, molto grasso e grosso a proporzione della statura, ed è di bello aspetto, e di occhi vivacissimi. Quando era giovinetto, e che dimorò in Francia alquanto tempo, era comunemente chiamato *il bel Pollacco*. Egli è uomo erudito, e buon Geografo; parla ottimamente francese, latino, e tartaro, e qualche poco italiano; ma di questo più intende che ne parli; è di patria ruteno, e benchè la Russia sia membro del regno di Pollonia, non ostante ciò fu fatto re, il che fu contro le costituzioni pollacche, che ordinano che il re debba essere straniero; ma egli essendo Generale dell'armi, e pieno di quattrini, de' quali è amicissimo, con la forza di quelle, e con la potenza di questi si mise la corona sul capo. E' stato un buon soldato, dedito all'allegrìa, arguto nei motti; ma in oggi desideroso di riposo, e lo merita perchè ha fatta la roba, dicendosi che in Marienburgh (fortezza) posta in Russia tra suoi beni patrimoniali si abbia riposti da 15 milioni di Ungheri effettivi; altri dicono 17. milioni, oltre le gioje in quantità, e d'infinito valore, il tutto acquistato e nel bottino di Coccin, e in quello di Vienna, quando venne in persona col nervo di tutto il regno a difesa di quella città assediata dal Turco; che se fosse morto in quella impresa, moriva il più glorioso re cattolico, o ortodosso, come egli s'intitola, che mai fosse stato in Europa,,. Così scriveva il Fagiuoli del re Giovanni terzo. Non può negarsi che il prolungare la vita dopo certe occasioni d'aver potuto finirla gloriosamente, ha servito a molti celebri personaggi per farli discendere dal colmo della gloria all'ultimo grado di avvilimento, lo che se non può dirsi totalmente del re Giovanni, nondimeno la vita prolungata oltre l'impresa sotto Vienna, non gli

N U O V A

RACCOLTA

D'AUTORI ITALIANI

CHE TRATTANO

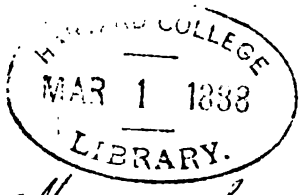
DEL MOTO DELL'ACQUE

TOMO V.

BOLOGNA . MDCCCXXVI

DALLA TIPOGRAFIA CARDINALI E FRULLI.

~~F. 3336~~
Eng 928.21.2



Minot fund.

DELLE

MACCHINE IDRAULICHE

TRATTATI

DI

F. A. BORGNIS = GIAMBATISTA MAGISTRINI
E GIAMBATISTA MASETTI.

Bologna 1826.

Dalla Tipografia Cardinali e Frulli.

AVVERTIMENTO

In un trattato risguardante le macchine idrauliche la parte pratica, ch' è la principale, non può andare disgiunta dalla teoretica; laonde teniamo per fermo che nessuno vorrà maravigliarsi che un' opera di tal genere abbia luogo in una collezione, che come più volte abbiamo detto non deve contenere se non quelle che risguardano le grandi operazioni idrauliche in Italia, ed Oltremonte.

Un trattato di questa sorta si è quello del Signor A. Borgnis ingegnere italiano, scritto in francese, e che noi abbiamo espressamente fatto tradurre. Abbenchè sia cosa malagevole il traslatare nell' idioma nostro sì fatte scritture, ciò non ostante ci rendiamo certi che il lavoro non sarà indegno della pubblica luce, essendo stata da noi usata ogni diligenza, acciocchè riuscisse meno che fosse possibile difettoso.

Siccome poi il Borgnis nell' opera sua ha tralasciato di parlare di quelle macchine che servono per macinare e pestare il grano, il riso, ec. noi uniremo un trattatello su questo argomento, scritto e preparato a bella posta dal nostro amico Giambattista Masetti, il quale di altre cose importanti ha arriochita questa Raccolta.

Aggiungeremo in fine le *Nuove ricerche sulla teorica, e sulle pratiche applicazioni della percossa idraulica* del Professore Giambattista Magistrini, il quale volle ritoccare il suo lavoro, acciocchè esso potesse meglio convenire con le altre scritture di questa collezione.

Francesco Cardinali.

DELLE

MACCHINE IDRAULICHE

TRATTATO

DI F. A. BORGNIS.

PREFAZIONE

Due sorta di macchine ricevono ordinariamente la denominazione di macchine idrauliche. *Quelle in primo luogo che sono mosse da una corrente d' acqua, qualunque sia però la specie di lavoro ch' esse eseguiscano. Secondariamente quelle, il cui uffizio è d' innalzare una certa quantità d' acqua ad un' altezza più o meno ragguardevole. L' oggetto particolare di questo libro è di descrivere e di esaminare comparativamente queste ultime macchine a cui si dà il nome di* macchine idrauliche, *abbenchè un motore piuttosto che una corrente d' acqua le faccia agire.*

Qui noi ci siamo prescritti non solamente di descrivere le macchine che abbiamo credute le più utili, ma altresì di far vedere i casi particolari ne' quali debbono essere impiegate, i metodi da seguirsi, le precauzioni da adottare, gl' inconvenienti da prevedere e da fuggire, onde possano apportare il prodotto più vantaggioso col minor dispendio possibile.

Si può paragonare una macchina ad un istromento di musica. La costruzione accurata dell' istromento, le sue forme, le sue dimensioni, la distribuzione di tutte le sue parti combinate con arte, contribuiscono per verità efficacemente a formare que' suoni piacevoli che ci rapiscono, allorchè il Viotti eseguisce un concerto sul violino d' Amati, e che lo Steibel percorre maestrevolmente la

tastiera d' un piano forte d' Evard. Ma se delle dita inesperte comprimono le corde dello stesso violino, o i tasti del medesimo piano forte, ne nascono suoni monotoni, falsi, ed aspri, i quali risvegliano in noi sensazioni tanto disgustose quanto le prime furono soavi. Così un buon istromento non dà suoni melodiosi che mediante l' abilità di un suonatore che lo suona; ed una macchina eccellente non produce l' effetto del quale è suscettiva, se non quando è impiegata con arte e giudizio, altrimenti sarà più dannosa che utile. Perciò abbiamo creduto che non avremmo adempito ad una debole parte della nostra impresa, se limitati ci fossimo a tessere descrizioni isolate di macchine, senza far conoscere i mezzi, che adoperar conviene per servirsene.

Onde ottenere questo divisamento, abbiamo dovuto offerire al lettore una esposizione chiara e metodica della serie dell' operazioni, mediante le quali le descritte macchine generano i più vantaggiosi risultati. È stato d' uopo che tale esposizione elementare, e concisa nel tempo stesso contenesse una dichiarazione sommaria dei fatti che hanno un rapporto indiretto colle macchine, e che delle spiegazioni più estese fossero riservate per le operazioni dipendenti, o intimamente unite al lavoro cui esse sono destinate di fare. Finalmente cotesta esposizione presentata con ordine, non doveva contenere alcuno di que' passi troppo austeri, di quelle divergenze troppo decise che formano una sorgente di oscurità, e di distrazioni.

Il metodo adottato di combinare le descrizioni delle macchine col quadro dei dettagli pratici che ne accompagnano l' uso, ci è sembrato conveniente a togliere in parte l' aridità, che risulta sempre dalle descrizioni puramente tecniche, e di procacciarci l' attenzione del lettore, facendogli scorgere il vantaggio degli oggetti che gli si porgono innanzi.

Questo trattato è diviso in quattro libri; il primo libro non è che la spiegazione circostanziata del secondo genere della classe

degli operatori per locomozione, e della nostra classificazione degli organi meccanici che abbiamo esposta nel trattato speciale della composizione delle macchine.

Il capitolo primo comprende gli attrezzi che innalzano l'acqua mediante un moto di trasporto, alcuni dei quali dotati di una grande semplicità, sono puri stromenti, come i secchi, i paloni, i cesti, e gli altaleni semplici: altri più composti deggiono essere posti fra mezzo le macchine come le norie, le trombe a cappelletti inclinati e verticali, le ruote a cassette lumache e a timpano; le viti idrauliche a tubo aderente alla curva rampante, e a tubo non aderente secondo il metodo olandese.

Il secondo capitolo riguarda le trombe aspiranti, prementi, ed aspiranti insieme e prementi, descivendo colla maggior precisione il giuoco di tutte le loro parti, e specialmente delle valvole, e degli stantuffi; indi si parla delle principali variazioni che sono state poste in uso, ed i vantaggi, e i difetti di ciascheduna. Le trombe giranti immaginate in diverse epoche non sono state dimenticate, sebbene rare volte siasi giunto a farne un buon uso.

Il terzo capitolo è destinato alla descrizione delle macchine per compressione d'aria, la cui fontana artificiale attribuita ad Erone *geometra greco n'è il modello.* Salomone di Caus *ha descritta una macchina di siffatto genere di gran dimensione, ma sembra che l'onore di aver impiegata con molta utilità questa bella invenzione sia dovuta ad* Holl, *celebre meccanico tedesco. Gl'inglesi e particolarmente i signori* Boswel, e Goodwin *l'hanno di poi perfezionata.*

Nel capitolo quarto sono descritte le macchine, nelle quali il sifone entra come parte integrante. Si osservano con interessamento quelle che ha inventate il sig. marchese Manoury *allorchè pervenne a risolvere con metodi ingegnosi ed eleganti il problema straordinario d'innalzar l'acqua mediante una combinazione di tubi, ove tutte le parti solide stanno immobili. La macchina del signor*

Trouville, *il galleggiante a sifone del sig.* Thiville, *e la macchina del sig.* W. Close *per innalzar l'acqua col moto laterale di una corrente in un tubo conico, occupano altresì un posto distinto fra le invenzioni, nelle quali il sifone sostiene una parte più o meno importante; ma sgraziatamente queste invenzioni non sono ancora state adottate dalla pratica.*

Le macchine a colonna d'acqua descritte nel quinto capitolo, meritano di essere esaminate con diligenza, non solamente perchè la loro costruzione è ingegnosa, ma perchè è dimostrata la loro utilità dall'esperienza. Denisart, *e* Dueille *hanno presentato all'Accademia delle Scienze l'anno* 1731 *una macchina a colonna d'acqua che il* Belidor *ha poscia migliorata; l'*Holl *di cui abbiamo già parlato l'ha renduta più perfetta, il* Reinchenbach *dipoi vi ha aggiunte nuove modificazioni.*

L'ultimo capitolo del primo libro tratta dell'ariete idraulico di Mongolfier, *e si espongono i risultati delle belle sperienze che sono state praticate su questa importante macchina da* Eytelwein, *da* Brunacci, *e da altri sapienti; si descrivono in fine partitamente le forme, e le disposizioni che debbono avere le parti d'un ariete.*

Scorgesi da questo epilogo, che il primo libro contiene l'esame comparativo e metodico non solo dei diversi strumenti atti ad innalzar l'acqua, ma eziandio delle parti secondarie che compongono i suddetti strumenti. I tre libri che seguono racchiudono le applicazioni che si possono fare agli usi pratici, fra le quali il secondo libro espone quelle relative ai domestici bisogni, ed ai lavori dell'agricoltura.

Nel capitolo primo di questo libro avvi innanzi a tutto la descrizione dei pozzi e delle cisterne più rinomate, quindi quella delle macchine proprie ad estrarne l'acqua o col mezzo dei secchi, o delle trombe.

Il secondo capitolo si aggira sulla condotta, e sulla distribuzione delle acque nelle città. Dopo di aver esaminato rapidamente

i maravigliosi lavori di tal genere eseguiti dagli antichi, noi descriviamo più minutamente, attenendoci alle opere del sig. Girard, *l'importante lavoro del canale dell'Ourcq. Facciamo poscia conoscere quali sono le macchine più acconce ad innalzar l'acqua necessariamente al consumo di una numerosa popolazione, e dividiamo le suddette macchine in due spezie, quelle mosse dalla corrente d'un fiume, e quelle mosse dal vapore.*

Nel capitolo terzo che concerne le trombe d'incendio, abbiamo già descritte quelle poste in opera in Inghilterra, le quali ci sono parute per ogni riguardo preferibili a quelle impiegate dal corpo de' pompieri di Parigi.

Gli ultimi due capitoli sono dedicati al disseccamento delle paludi, ed alle irrigazioni. Questi due importanti oggetti de' quali dipende in parte la prosperità agricola d'una nazione, avrebbero richiesto schiarimenti più estesi di quelli, cui il piano di quest'opera ci ha permesso di fare; ma non abbiamo però trascurato di far conoscere minutamente le macchine che ci sono sembrate più convenevoli a questi due oggetti, come le ruote a chiocciole, a vasi, e le norie.

Il terzo libro tratta degli esaurimenti d'acqua temporanei, cioè di quelli che durano soltanto un tempo limitato, e cessano dipoi affatto, o non si riproducono che ad epoche più o meno remote.

Il capitolo primo versa sull'esaurimento dell'acqua dall'interno di una tura. Dopo avere brevemente dimostrata la costruzione di una tura, e le precauzioni da prendersi, onde prevenire le infiltrazioni, facciamo conoscere in dettaglio le macchine atte a tal sorta di esaurimenti, e riportiamo in ultimo i risultati delle sperienze del celebre Perronet *per istabilire il prodotto di ciascuna macchina.*

L'esaurimento dell'acqua rinchiusa nei bacini destinati alla

costruzione, ed al ristauro dei vascelli, forma l'oggetto del secondo capitolo.

Il capitolo terzo abbraccia ciò che è relativo all'esaurimento dell'acqua a bordo di una nave. Vi si trova la descrizione delle sentine, delle trombe, delle leve, e specialmente delle trombe a due stantuffi impiegate da alcuni anni dagl'inglesi, e della tromba di Buchanan, *che offre alcune particolarità utili, e ragguardevoli.*

L'ultimo libro è consacrato interamente all'esaurimento dell'acqua dalle miniere; esso contiene quattro capitoli, il primo espone ampiamente i sistemi delle trombe sovrapposte praticate nei pozzi delle miniere, la disposizione dei gambi e dei tiranti che pongono in moto i loro stantuffi.

Il capitolo secondo ragiona sulle macchine mosse dai cavalli, ed in ispecie su quelle a carrucole, il cui doppio uso è di estrarre i minerali, e l'acqua dalle miniere.

Il terzo tratta delle macchine mosse dall'acqua, sì per far agire un sistema di trombe, come per dar moto ad un baritello (*vedi num.* 737.) *Noi mostriamo i mezzi impiegati per far girar la ruota di questa macchina in varie direzioni, e per fermarla tosto, ed a piacere.*

L'ultimo capitolo riguarda l'applicazione delle macchine a vapore nei lavori delle miniere, e presenta risultati comparativi sul prodotto, e sulla spesa delle macchine di Newcomen, delle macchine di semplice effetto, di doppio effetto, e di quelle a forte pressione.

NOTA. Non è cosa rara nelle arti, e massime nelle arti meccaniche incontrare più persone che abbiano concepito le stesse idee, o simultaneamente, o ad epoche e a distanze più o meno vicine: la storia abbonda d'esempi di tal natura che non mi piglierò pensiero di addurre. Ma per la pura verità, molti individui, i quali non si sono comunicati fra di loro, e che ognuno dal canto suo ha formato il medesimo concetto della creazione, o del perfezionamento felice di una macchina già inventata, ognuno dirò, mosso dall'intimo sentimento che non è plagiario, può riguardarsi come inventore; e poichè è raro che provar si possa l'anteriorità se non che cogli scritti autentici, così generalmente si ritiene, che quello solo il quale ha consegnato pel primo nelle opere pubbliche le descrizioni delle proprie idee, debba essere riguardato per inventore. Gli altri hanno da rinunziare a questa gloria, quantunque sia incontrastabile, giusta la loro coscienza, ch'eglino non hanno avuto alcuna cognizione della scoperta del loro competitore.

Mentre che io presiedeva a ragguerdevoli ed importanti lavori, immaginai una scala flessibile, e perpetua: e siccome ignorava di fatto che alcuno si fosse occupato dello stesso oggetto, dovetti naturalmente considerarmi per inventore, e lo era certamente, attesa la ragione adotta di sopra. Con questa convinzione non esitai a dichiararmi tale nel mio libro *sulla composizione delle macchine* pagina 18. §. 57. quando passatomi fra le mani il numero 26 della seconda serie del *Repertory* ec. che racchiude una lettera datata li 10 Settembre 1814, ove il sig. *John Bottomley* ha descritto quest'importante meccanismo. È giusto che io attribuisca a quell'artefice il diritto di preferenza nell'invenzione, avendo egli descritta cotesta ingegnosa macchina prima di me. Io sarò per altro zelante a purificare gli errori tutti di siffatto genere che potessi commettere involontariamente, giacchè niuno più di me ha voglia di rendere la giustizia a colui al quale è dovuta.

DELLE

MACCHINE IDRAULICHE

LIBRO PRIMO

DEGLI STRUMENTI OPERATORI ATTI AD INNALZAR L'ACQUA.

1. Nel trattato della composizione delle macchine abbiamo annoverato gli *strumenti operatori* atti ad innalzar l'acqua, assegnando loro il secondo genere della classe degli operatori *per locomozione*, suddividendo questo genere in sei spezie, la prima delle quali comprende i secchi e gli attrezzi in generale che innalzano l'acqua per un semplice moto di trasporto; la seconda abbraccia le numerose varietà di trombe, la terza gli strumenti per compressione d'aria; la quarta quelli a sifone; la quinta quelli a colonna d'acqua, e la sesta gli arieti, e gli altri organi che agiscono per l'urto dell'acqua.

La descrizione di tal genere di strumenti importantissimi formerà il soggetto di questo primo libro, ed ognuno de' sei capitoli che lo compongono sarà consacrato ad una delle dichiarate spezie.

CAPITOLO PRIMO

Degli strumenti che innalzano l'acqua per un semplice trasporto.

2. Noi daremo primieramente un' occhiata a quegli strumenti che dotati di una grandissima semplicità sono indipendenti da ogni altro mezzo meccanico, e vengono impiegati dall' uomo allorchè vuol estrarre, trasferire, e versar dell' acqua senza impiegare verun intermedio; esamineremo poscia quelli che combinati con altri strumenti ne sono esenzialmente dipendenti, o ne fanno parte.

SECCHI

3. Si attribuisce questo nome a certi vasi cilindrici, o pochissimo conici. Essi vasi esposti sovente a ricevere degli urti, debbono accoppiare

in se stessi la solidità alla leggerezza, ed essere di poco costo; i migliori sono quelli che adempiono più perfettamente a siffatte condizioni.

4. Alcuni sono di metallo, di rame, o di latta; hanno un manico di ferro, per cui riescono facili ad essere impugnati, e sono comunemente cilindrici. Altri sono di vimini, ed incamisciati all'interno di cuoio, come quelli di che si servono ordinariamente i pompieri. Altri sono di legno formati di *doghe* unite intorno ad un piatto rotondo, e circondati di cerchi di ferro, o di legno; queste due ultime sorte sono pochissimo coniche.

PALONI

5. I paloni sono certe pale scavate, le quali servono per estrar l'acqua da una piccola profondità, e gittarla ad una breve distanza.

6. Se l'estrazione dell'acqua che fa d'uopo eseguire è momentanea, questi stromenti sono allora immediatameute posti in azione dalle braccia d'uomini motori, senza l'intervento di alcun frammezzo come appare dalla (*tav.* 1. *fig.* 3.).

7. Quando all'opposto l'estrazione è notabile, si sospendono i paloni per via di una corda ad un punto fisso, posto a sette od otto piedi di altezza sopra dell'acqua. E questo punto di sospensione rimane per lo più stabilito riunendo tre pertiche in forma di piramide. La fig. 4. rappresenta una simile unione.

8. Con tal metodo semplicissimo si alleggerisce il motore, e si agevola singolarmente la sua azione. Il peso del palone, e dell'acqua, cui esso contiene essendo in gran parte sopportato dal punto di sospensione, l'azione del motore si limita a comunicargli un moto d'oscillazione dopo che ha votata una certa quantità d'acqua; cotesto moto favorito dal peso stesso del palone che adempie in qualche sorta l'offizio della lente di un pendolo comune, si effettua con facilità e prestezza. Siffatto modo di estrar l'acqua è ottimo nel caso in cui faccia d'uopo esaurirne una gran copia da una piccola profondità per versarla ad una distanza egualmente piccola. La profondità debbe essere minore di tre piedi, e la distanza di sei.

CESTO

9. Si usa a Venezia un metodo facile e vantaggiosissimo per vuotar l'acqua contenuta nel recinto di una tura, allorchè la distanza fra la superficie dell'acqua, e il punto a cui si vuol far giugnere, non ecceda i cinque o sei piedi; due uomini allora impugnano i manichi del *cesto* ordinario di vimini, e se ne servono per attingere e versar l'acqua con maggiore prestezza, e velocità che con gli secchi, poichè la forma di

quest'arnese largo, poco alto, e leggiero è assai propizio a tal genere di lavorio.

ALTALENI

10. Si distinguono due spezie di altaleni, semplici e composti. I semplici possono essere impiegati con vantaggio qualora l' uso dei secchi riesca incomodo; ma l' esperienza ha dimostrato che a circostanze eguali, essi offrono un prodotto minore dei secchi, a motivo delle confricazioni, e di altre resistenze passive cui la loro costruzione strascina necessariamente, e che non esistono negli strumenti, i quali sono maneggiati immediatamente da motori senza leve ed appoggi; del resto la loro costruzione risulta di una maggiore spesa.

11. Questi difetti, lievi ma apprezzabili negli altaleni semplici, si aumentano nei composti in ragione della loro complicazione, e diventano gravi in maniera che questa sorta di altaleni non hanno potuto essere posti in pratica con profitto. Così le invenzioni di tal natura che abbondano nelle antiche raccolte di macchine, sono di niun vantaggio quantunque ingegnose.

12. Il più semplice di tutti gli altaleni è probabilmente quello dimostrato nella (*tav* 2. *fig.* 6.) Scorgesi che ciò non è altro che una semplice doccia formata mediante l' unione di alcune tavole, e sospesa sopra due travicelli *a a*.

13. Questa doccia offre una maggior ampiezza dalla parte ove si deve estrar l' acqua, ristringendosi dal canto opposto. Un uomo situato lateralmente lo fa inclinare a vicenda, e con siffatto movimento, versa l' acqua appena alzata.

14. Rare volte le circostanze locali concorrono allo stabilimento ed alla manovra di questo altaleno. In alcuni casi si può sostituirgli l' altaleno a bilancere rappresentato dalla (*fig.* 7. *tav.* 2.) L' inspezione della figura basta per farne comprendere la struttura; se ne fa un uso frequente in Italia, dove è conosciuto sotto il nome di conchetta.

15. In altre occasioni possiamo impiegare l' altaleno di Pérronet espresso nella (*tav.* 3. *fig.* 7.) Questo altaleno è mosso dal peso di più uomini collocati all' estremità *a* e *b*. L' acqua esce dai pertugi *m m*. Essa macchina è troppo grave, troppo materiale e di una costruzione troppo dispendiosa. Noi avremo campo a parlarne di nuovo nel terzo libro.

16. La (*fig.* 9. *tav.* 1.) rappresenta un doppio altaleno a bilancere. Gli uomini motori agiscono sopra corde attaccate all' estremità del bilancere *b b*, e mentre gli comunicano un moto circolare alternativo, abbassano successivamente uno degli altaleni per estrar l' acqua, e lo innalzano per versar quella che ha raccolto; nel medesimo tempo eglino

imprimono all' altro altaleno un moto opposto. Cotesta macchina offre tutti i difetti degli altaleni composti, poichè è pesante, di gran mole, di una costruzione, e di un mantenimento egualmente costoso.

NORIA (*tav.* 2. *fig.* 10. *e* 11.)

17. Viene attribuito generalmente il nome di *noria* ad una serie di vasi sospesi a catene perpetue, quali s' aggirano su due tamburi. Questi vasi sono posti in guisa da attigner l' acqua per il punto più basso, e versarla dal punto più alto; essi la trattengono poi nel tragitto fra questi due spazi.

Tal sorta di macchine apportano utili servigi nelle irrigazioni. Noi ne esporremo le particolarità nel libro appresso.

TROMBE A CAPPELLETTI

18. Le trombe a cappelletti diversificano dalle norie, in quanto che le prime sono formate di una fila di cappelletti uniti insieme da una catena perpetua che muovonsi in un tubo verticale ed obbliquo, laddove le norie sono composte di una progressione di vasi appesi a catene perpetue. Si distinguono due spezie di trombe a cappelletti, quella dai cappelletti verticali, e l' altra dagli inclinati; noi ci limiteremo qui a mostrarne la struttura, descrivendole poscia più ampiamente nel terzo libro.

TROMBA A CAPPELLETTI VERTICALI (*tav.* 3. *fig.* 4.)

19. I cappelletti di questa tromba, l' uno de' quali è disegnato sopra una scala più grande fig. 5. sono formati di una ruotella di cuoio stretta fra due cappelletti di metallo attaccati agli anelli della catena perpetua che passa sul verricello a branche *a*, entra nel tubo cilindrico *b*, e risale perpendicolarmente dall' altra banda. Il fondo del tubo *b* si attuffa nell' acqua, e porta alla parte superiore da un canto l' appoggio *d*, sul quale riposa il verricello a branche, e dall' altra il tubo *f*, che versa l' acqua innalzata nella corsìa *l*. Questa macchina è mossa da uomini intenti alla manovella *m*.

TROMBA A CAPPELLETTI INCLINATI

20. Questa tromba movesi in una specie di corsìa inclinata che chiamasi doccia, composta di tre tavoloni uniti in quadrato ed aperta di sopra. Due rocchetti sono collocati all' estremità di questa corsìa. La catena

perpetua gira sui rocchetti, le sue palette sono di legno, e quadrate; la catena è formata da gambi di ferro, o di legno che attraversano ciascuna paletta nel centro, e si riuniscono fra di loro col mezzo di cerniere, le quali si trovano fra lo spazio che divide due palette consecutive. Esse palette sono perpendicolari al fondo della doccia. Quando si pone in moto questa macchina, le palette sdrucciolano sul fondo della doccia, strascinano seco l'acqua, e l'astringono a salire lungo il piano inclinato.

RUOTE A TIMPANI, O A CASSETTE
(tav. 4. fig. 1, 2, 3, e seguenti)

21. Vengono così chiamate certe ruote che portano intorno alla loro circonferenza dei vasi disposti in tal maniera che possono riempiersi allorchè pervenuti al punto più basso entrano nell'acqua, e d'altronde possono votarsi affatto mentre giugneranno al punto più elevato.

22. Le fig. 1, 2 rappresentano una ruota che porta molti timpani, o casse chiuse. Da una delle faccie laterali di essi timpani, vi sono due pertugi *a a* che vengono coperti dalla piastra *d d* mobile negli incastri *b b*, ma la leva *r* che agisce sulla staffa *s* adattata alla piastra, può abbassandola aprire i pertugi *a a*. Questa leva ha il suo centro di rotazione in *m*.

23. Quando la ruota gira, e che uno dei timpani entra nell'acqua, l'estremità della leva *r* incontra una cavicchia che la sforza a girare, e per conseguenza ad abbassare la piastra, e ad aprire i pertugi. Il timpano immerso affatto, si empie; dopo ciò, la leva incontra una nuova cavicchia che la costringe a chiudere i pertugi; quindi un'altra cavicchia produce l'effetto opposto allorchè il timpano dee versar l'acqua, cui esso contiene. Questo complicato meccanismo è soggetto a guastarsi spesse fiate, e perciò si preferiscono i metodi seguenti.

24. Nella ruota indicata dalla fig. 3 le cassette o ciottole segnate con linee punteggiate, non hanno che il pertugio *a a a*, posto di tal maniera che quando il peso dell'acqua cui la ruota sopporta, si alza, il pertugio allora trovasi in alto, e l'acqua non può uscire; ma a misura ch'esso peso avvicinasi alla sommità, il pertugio s'inclina grado a grado lasciando all'acqua un libero varco.

25. Nella ruota espressa delle fig. 6 e 7, i vasi *a a a* sono sospesi in modo che salendo conservano la loro verticalità, insino a tanto che incontrando il truogolo *b b*, s'inchinano, versano l'acqua, ed attraversano esso truogolo; si agevola questo passaggio col mezzo del rotolo *d* posto nel truogolo suddetto.

VITI IDRAULICHE

26. Le viti idrauliche sono composte d'ordinario di un asse girante collocato obbliquamente, il quale è circondato da una superficie curva, che segue l'evoluzioni di una spirale disegnata sull'asse stesso. Si conoscono due sorta di viti idrauliche; quella d'Archimede propriamente detta, e l'Olandese. La prima è circondata da un tubo, ov'è rinchiusa, ed al quale aderisce, in guisa che l'asse, la superficie curva rampante, ed esso tubo, non formano che un sol corpo che muovesi nel medesimo tempo. L'altra non ha che un semi tubo, il quale indipendentemente dalla vite conserva la sua immobilità mentre che detta vite gira.

VITE D'ARCHIMEDE (*tav.* 3. *fig.* 6.)

27. Il tubo, o parte esterna della vite è costrutta come una botte di doghe circondate da molti cerchi di ferro posti a distanze eguali. Il fondo di questo tubo entra nell'acqua. Esso è collocato in un telaio di legno; il suo asse è inclinato per un certo numero di gradi, ed ha una manovella all'estremità superiore.

La superficie curva che forma i crini della vite è incastrata nell'asse. spesse volte la vite è composta di tre o quattro curve che accompagnano l'evoluzioni di altrettante spirali parallele.

28. Le viti d'Archimede che s'adoprano volgarmente nell'estrazioni dell'acqua hanno da 16 a 18 piedi di lunghezza, e da 15 o 16 pollici di diametro interno, innalzano l'acqua a 9 o 10 piedi di altezza, e sono mosse da 8 o 10 uomini che lavorano per due ore, essendo quindi rilevati da un egual numero d'operai che si riposano a vicenda. Si computa comunemente che questa macchina versi in una giornata ordinaria di dieci ore, 12000 piedi cubi d'acqua.

29. L'acqua nella suddetta macchina sale seguendo i crini della vite, e li segue sino alla cima del tubo, qualunque sia la lunghezza di esso, imperocchè l'inclinazione dei crini sull'asse, e il loro proseguimento non interrotto fa sì ch'entrata essendo nel tubo, il quale gira continuamente, sdruccioli sulla superficie curva che forma i crini della vite come sopra un piano inclinato, e passi mano a mano dall'uno all'altro sino alla sommità, d'onde cade in una doccia disposta a riceverla.

Noi aggiugneremo alcune particolarità intorno a siffatta vite nel terzo libro.

VITE OLANDESE

30. I crini di questa vite non hanno alcun tubo esterno che loro sia

aderente, ma girano in un semicilindro immobile, che ha la stessa inclinazione dell'asse della vite; le loro estremità inferiori s'immergono egualmente nell'acqua che trattasi d'innalzare.

31. Fa d'uopo che il diametro del semicilindro concavo sia un poco più grande di quello della vite, acciocchè questa possa girare liberamente, e senza attrito; ma la differenza dei diametri non debbe esser tale che l'acqua possa ricadere attraversando lo spazio fra la parete del semicilindro e la vite. L'acqua riempie la capacità del semicilindro concavo, e se n'esce dalla parte superiore.

CAPITOLO II.

Delle trombe

32. Chiamasi generalmente tromba uno strumento destinato ad innalzar l'acqua col mezzo d'uno stantuffo, (o piatto rotondo), che agisce per ascensioni, e discese alternative in un tubo cilindrico. Si conoscono varie sorte di trombe, che tutte possono ridursi a tre categorie. 1. Trombe aspiranti. 2. Trombe prementi. 3. Trombe aspiranti insieme e prementi. Le prime agiscono per *succhiamento*, cioè producono un voto sgombrando l'aria contenuta nel tubo, l'una delle cui estremità è immersa nell'acqua; allora la pressione dell'aria su questo fluido, la fa salire dentro al tubo. Le seconde operano per *pressione*, imperocchè lo stantuffo sospinge con forza l'acqua innanzi a se, e la costringe a salire lungo il tubo. Le altre riuniscono in se stesse le due maniere di agire.

TROMBA ASPIRANTE SEMPLICE (*tav.* 5. *fig.* 1.)

33. Il tubo di questa tromba è composto di due parti cilindriche, soprapposte, e concentriche. La più alta *a*, chiamata camera della tromba, ha un diametro maggiore, ed una lunghezza più piccola che l'inferiore *b*, alla quale viene attribuito il nome di tubo d'aspirazione. Sulla cima del tubo *b* è collocata una valvola rotonda, od a cerniera *c*; il fondo di questo tubo s'interna nell'acqua, e quivi è un poco allargato, onde il fluido possa entrarvi meglio, avente di più una piastra di latta forata con molti buchi, affinchè l'acqua salendo non istrascini seco alcuna immondizia.

34. I due tubi sono uniti insieme dalle sponde *d d* chiamate *stuffe*, fuse co' tubi stessi, le quali hanno quattro viti, che si aggiustano nelle loro chiocciole; e per rendere l'unione di coteste stuffe impenetrabile all'acqua, vi si frappongono delle rotelle di cuoio.

35. Lo stantuffo di questa tromba è una spezie di cono troncato, rovesciato, la gran base del quale è circondata da una striscia di cuoio fermata con una o due fila di chiodi vicinissimi l'uno all'altro, dovendo essa striscia essere tagliata un poco in isbieco nell'imbuto verso la cima, ed entrare a stento nella camera della tromba, quando vi s'intromette lo stantuffo, il cui diametro fa d'uopo che sia due linee più piccolo.

Questo stantuffo è di carpino, o d'alno, meno soggetto a fendersi degli altri legni; le due basi di esso sono attorniate da cerchi di ferro; ha il pertugio *l* coperto dalla valvola di cuoio *n*, attaccata al legno per coda che le serve di cerniera. Allorchè questa valvola è ribaltata, sopravvanza di un mezzo pollice il giro del pertugio, tal che per chiuderlo più esattamente, viene guernito di una piastra di piombo. Lo stantuffo poi ha la coda *p* formata dello stesso pezzo di legno, onde è composto, scavata a foggia d'arco, alla quale è congiunto il gambo di ferro *r*.

GIUOCO DELLA MACCHINA

36. Il fondo del tubo d'aspirazione *b* è immerso nell'acqua, quest'acqua trovasi ad una eguale altezza tanto dentro che fuori, e l'aria racchiusa nel tubo conserva la medesima densità che all'esterno. Se alzasi lo stantuffo, lascierà necessariamente un vuoto sotto di se (supponendo sempre che l'aria non possa penetrare fra le pareti del tubo, e lo stantuffo stesso), allora l'aria contenuta nel tubo d'aspirazione esercitando sulla valvola *c* uno sforzo maggiore che non fa l'aria compressa nella camera della tromba sotto dello stantuffo, questa valvola si aprirà, l'aria concorrerà nella camera della tromba, ed occupandovi uno spazio più ampio che prima della salita dello stantuffo, avrà una densità minore che non aveva, e che non serba l'aria esterna; per conseguenza quest'ultima in forza della pressione che esercita sulla superficie dell'acqua che la circonda, sforzerà la colonna dell'acqua racchiusa nel tubo a salire ad un'altezza tale che l'aria abbia una densità sufficiente per eguagliare la pressione atmosferica.

37. Se facciamo discendere lo stantuffo, la valvola *c* si chiude, e l'aria che rimane nella camera della tromba, trovandosi compressa, apre la valvola dello stantuffo, e se ne fugge. Lo stantuffo allora risalendo, opera un altro vuoto che produce gli stessi effetti del primo, cioè apre la valvola *c*, obbliga l'aria del tubo a dilatarsi, e per la diminuzione della sua elasticità fa giugnere la colonna interna dell'acqua ad una maggiore altezza.

38. Rinnovando in egual modo per un dato numero di volte i moti dell'ascensione e della depressione dello stantuffo, l'acqua riempie

progressivamente non solo il tubo d'aspirazione per tutta la sua lunghezza, ma eziandio una parte della camera della tromba. Cotesto effetto avrà luogo quando la distanza fra il punto più alto del corso dello stantuffo, e della superficie dell'acqua inferiore non eccederà i 32 piedi, poichè sappiamo che la pressione atmosferica non equivale che al peso di una colonna d'acqua di tale altezza. Allora, qualunque fiata che si abbasserà lo stantuffo, la valvola *c* impedirà all'acqua raccolta nella camera della tromba di discendere; nel medesimo tempo lo stantuffo comprimendo l'acqua, la valvola *n* aprirassi, e l'acqua passerà sopra dello stantuffo, il quale nel risalire la strascinerà seco scaricandola nello sfogatore.

39. La qualità caratteristica della tromba aspirante semplice è di avere uno stantuffo a valvola, che agisca ad un'altezza più o meno grande sul livello dell'acqua inferiore, altezza che non può in alcun modo eccedere i 32 piedi.

40. Questa tromba è sottoposta ad alcuni inconvenienti. 1. I cuoi degli stantuffi e delle valvole non producono i loro effetti che imperfettamente, quando vengono a seccarsi negli intensi calori, o quando le trombe non giuocano continuamente; il che obbliga a versar dell'acqua sopra l'altezza della tromba per umettarle. 2. L'unione dei tubi che compongono la tromba è rare volte abbastanza esatta perchè l'aria non vi s'insinui un poco; parimente quando il cuoio dello stantuffo non è ben bagnato, cessa di starsi attaccato alla superficie interna della camera della tromba, e l'aria introducendosi nello spazio vuoto, fa cessare l'aspirazione.

41. La forza della potenza che aspira l'acqua in questa tromba debbe vincere uno sforzo uguale al peso di una colonna d'acqua, la quale avesse per base il circolo dello stantuffo, e per altezza la distanza della sorgente al punto della massima elevazione dello stantuffo; a cui conviene aggiugnere il peso dell'acqua onde è sormontato, allorchè s'innalza sopra al termine dell'aspirazione per isgorgarla in un bacino, o serbatoio. Qualunque sia la grossezza del tubo d'aspirazione, la potenza dovrà sempre superare lo stesso sforzo, attese le resistenze passive.

42. Per ben comprendere in qual maniera la potenza che fa agire lo stantuffo debba vincere lo sforzo già annunziato, esaminiamo di nuovo gli effetti che nascono ad ogni innalzamento dello stantuffo, supponendo i tubi pieni d'acqua dalla superficie del pozzetto o conserva inferiore sino allo sfogatore.

43. Non si può alzare lo stantuffo senza che non succeda un vuoto sotto di esso; così dunque lo stantuffo dee vincere la pressione atmosferica, superando cioè una resistenza uguale al peso di una colonna d'acqua, la cui base è quella dello stantuffo stesso, e l'altezza di 32 piedi. Il vuoto

che lo stantuffo lascia appresso di se nello alzarsi, permette alla pressione atmosferica che si esercita sull'acqua del pozzetto, di far salire dentro alla tromba una colonna d'acqua con una forza capace di alzarla sino a 32 piedi. Supponiamo ora che la distanza fra lo stantuffo e la superficie dell'acqua di detto pozzetto sia unicamente di 16 piedi; è chiaro che la colonna dell'acqua ascendente, essendo pervenuta allo stantuffo, ha esaurita soltanto la metà della forza che la stimola a salire sino ai 31 piedi; le rimane perciò un'altra metà di forza, cui essa impiega nel rispingere lo stantuffo, talmente che questo stantuffo trovasi posto fra due forze direttamente opposte, l'una delle quali agisce sulla faccia superiore dello stantuffo, e lo spinge dall'alto al basso con una forza pari ad una colonna d'acqua alta 32 piedi, mentre l'altra opera sulla faccia inferiore per sospingerlo dal basso in alto con una forza equivalente ad una colonna d'acqua alta 16 piedi: così la potenza che innalza lo stantuffo, dee superare una forza eguale alla differenza delle due forze onde abbiamo già parlato, cioè altrettanto, quanto il peso di una colonna d'acqua avente per base la base stessa dello stantuffo, e per altezza la distanza fra la superficie dell'acqua del pozzetto e il punto più elevato del corpo dello stantuffo indipendentemente dal peso dell'acqua di cui esso stantuffo è aggravato. Con un analogo ragionamento si prova, che questa proposizione corre in tutti i casi ne' quali l'altezza delle trombe è minore di 32 piedi.

Nella discesa dello stantuffo, la potenza motrice non dee vincere che gli attriti, ed altre piccole resistenze passive analoghe, tal che in una tromba che avesse tutti i gradi di perfezione desiderabili, il solo peso di questo stantuffo e del suo apparecchio dovrebbe bastare per farlo discendere.

44. Vi ha dei casi, ove in una tromba aspirante l'acqua ricusa di salire, quantunque essa tromba abbia meno di 32 piedi di altezza; perchè questi casi succedano, conviene che lo stantuffo salendo, sia maggiore che quella dell'acqua che innalzasi nella camera della tromba, imperocchè allora il fluido non potendo seguire ad un tratto lo stantuffo nel suo corso, debbe necessariamente trovarsi un vuoto fra l'uno e l'altro, il quale aumentando ad ogni aspirazione, ne risulterà che dopo un certo numero di queste aspirazioni, sarà tanto grande, che lo stantuffo nella sua discesa non potrà raggiugnere la colonna dell'acqua, e il lavorio della tromba sarà trattenuto.

45. Per isfuggire siffatto inconveniente, fa d'uopo: 1. Non dare allo stantuffo che una moderata celerità; 2. Non ristringere soverchiamente il tubo d'aspirazione, poichè se è troppo angusto, l'acqua salendo in minor copia, impiegherà più tempo a riempiere la camera della tromba,

abbandonerà più presto la stanza, e per conseguenza lascierà un vuoto maggiore fra di essi; 3. Collocare la valvola del tubo d' aspirazione per modo che lo stantuffo nel discendere se ne avvicini immediatamente, lasciando fra loro il più piccolo vuoto possibile. Non si può evitare affatto questo vuoto, perchè il pertugio, onde è forato lo stantuffo, ne fa nascere indispensabilmente uno, nel quale l'aria che si vuol espellere si condensa ogni volta che discende lo stantuffo; quindi fa d' uopo aver cura principalmente di non aumentarla facendo sopravanzare d' abbasso la striscia di cuoio.

46. Vi sono dei casi, in che il tubo d' aspirazione non essendo dritto striscia rasente un piano inclinato, ove si condurre serpeggiando. In tutti i casi, la sua altezza non deve essere considerata che da quella dello stantuffo sopra le basse acque, giacchè quando sarà minore di 32 piedi, l' acqua salirà del pari come se il tubo fosse dritto, colla differenza che per porre in azione la macchina s'impiegherà più tempo ad espellere l'aria.

TROMBA PREMENTE SEMPLICE (*tav.* 5. *fig.* 2, *e* 7.)

47. Nella tromba aspirante che abbiamo descritta, la camera della tromba, la valvola d' ascensione, e lo stantuffo sono situati ad una certa altezza sul livello dell' acqua, nella quale è immerso il fondo di un tubo d' aspirazione: nella tromba premente all' opposto, la camera della tromba, la valvola e lo stantuffo sono dentro l' acqua che sale per rincompressione lungo un tubo posto al disopra di tutti questi oggetti. La tromba aspirante non può innalzar l'acqua che ad un' altezza minore di 32 piedi, laddove la tromba premente è dotata della proprietà d' innalzarla ad un' altezza indeterminata. Si distinguono due specie di trombe prementi semplici: 1. a stantuffo forato, 2. a stantuffo pieno.

TROMBA PREMENTE SEMPLICE, A STANTUFFO FORATO (*tav.* 5. *fig.* 2.)

48. In questa tromba, lo stantuffo agisce dal basso in alto; la sua forma è la medesima che quella dello stantuffo della tromba aspirante (N. 35); ma il suo gambo è adattato ad un telaio di ferro *a a*. La camera della tromba *a* è unita ad un tubo salente *b b* col mezzo di staffe, e di viti; esso tubo è composto di due pezzi, il primo *b* è modellato in guisa da non porre ostacolo al moto del telaio di ferro *a a*, ed il secondo *d* la cui grossezza è uniforme, conduce l' acqua al luogo ove si vuole innalzarla. La valvola d' ascensione *x* è posta nell' unione della camera della

tromba e del tubo salente. Qualche volta la camera della tromba è di due pezzi per allargar quello di sotto, agevolar l'ingresso dello stantuffo, e dar più agio all'acque di salire; ma ordinariamente si costruisce tutto d'un pezzo, limitandosi a dilatare la parte inferiore nella grossezza del metallo.

49. Possiamo riguardare cotesta tromba come un vaso dal fondo mobile avente lo stantuffo per fondo; se alzasi questo, l'acqua contenuta nella camera della tromba dee necessariamente seguirlo e salire con esso; se si abbassa, l'acqua innalzata non può discendere, perchè col suo peso preme la valvola *x* e la ferma; ma se la valvola dello stantuffo apresi a cagione della resistenza, cui l'acqua le oppone scendendo, quest'acqua viene a situarsi al di sopra dello stantuffo, ed occupa lo spazio che occupava l'acqua innalzata colla sua prima ascensione. Allorchè lo stantuffo risale, innalza un'altra porzione d'acqua, e dopo alcune altre salite, l'acqua giugne al punto più elevato del tubo salente, e sbocca fuori.

50. Lo sforzo esercitato dalla potenza motrice in questa tromba, facendo astrazione da tutte le resistenze passive, è uguale al peso di una colonna d'acqua che ha per base la base stessa dello stantuffo, e per altezza la distanza fra la superficie dell'acqua del pozzetto ed il punto più elevato a cui essa perviene; questo sforzo è il medesimo, comunque sieno la forma e il diametro del tubo salente, giacchè l'idrostatica insegna che il peso che prova un vaso qualunque pieno d'acqua, dipende unicamente dall'altezza dell'acqua stessa, e niente affatto dalla forma, nè dalle dimensioni del vaso.

51. Egli è importante cosa in una tromba premente, che la differenza del diametro fra il tubo salente, e la camera della tromba sia più piccola che possa darsi, e che la valvola tanto d'ascensione che dello stantuffo lascino la maggiore apertura.

TROMBA PREMENTE SEMPLICE A STANTUFFO PIENO (*tav.* 5. *fig.* 7.)

52 Lo stantuffo di questa tromba che non ha nè valvola, nè pertugio, si muove dall'alto al basso; il tubo salente *b* non è posto sopra la camera della tromba, ma da un lato, ed un piccol tubo orizzontale *a* li riunisce. La valvola d'ascensione trovasi all'ingresso del tubo salente. Questa tromba ha la camera, lo stantuffo, e la valvola d'ascensione sommersi nell'acqua come la precedente, e come quella fa provare alla potenza una resistenza eguale al peso d'una colonna d'acqua, che ha per base lo stantuffo, e per altezza la distanza verticale dal punto più alto ove l'acqua deve essere ricompressa al livello dell'acqua del pozzetto.

53. Mentre lo stantuffo scende, una valvola collocata nella parte inferiore della camera della tromba si chiude, e la valvola d'ascensione si apre; allora l'acqua cui lo stantuffo scaccia, è obbligata ad entrare, e a salire nel tubo *b*; quando lo stantuffo risale, la valvola d'ascensione si chiude, essendo rispinta dalla colonna dell'acqua raccolta nel tubo salente; l'altra valvola all'opposto si apre, e l'acqua entra nella camera della tromba, e riempie il vuoto lasciato dallo stantuffo salendo; e così di mano in mano.

TROMBA ASPIRANTE INSIEME, E PREMENTE
(*tav.* 5. *fig*; 3.)

54. Le sole differenze che distinguono questa tromba dall'altra, sono; 1. il tubo d'aspirazione *d*; 2. la posizione della camera della tromba, delle valvole, e dello stantuffo fuori dell'acqua. Lo stantuffo di questa tromba è massiccio ed attraversato da un gambo di ferro fermato da due chiavette; esso somiglia a due coni troncati simili, che si fossero congiunti colle loro picoole basi, ciascuno de' quali è guarnito di una striscia di cuoio tagliata per isbieco in direzione opposta. Lo stantuffo non può discendere che sino al punto *x*, imperocchè altrimenti chiuderebbe l'ingresso del tubo salente.

55. Il tubo salente è fatto di tre pezzi, il primo *a* si suppone essere stato fuso colla camera della tromba; il secondo *b* serve a formare la curva, cui questo tubo deve avere, il terzo *c* fa salir l'acqua nel serbatoio; sul luogo dell'unione *ll* è la valvola pendente *m*, come una valvola a cerniera che si apre e chiude a vicenda colla valvola *p*, la quale trovasi in fondo alla camera della tromba; ma la prima trattiene l'acqua che è passata nel tubo salente.

56. Se per porre in azione la macchina si alza lo stantuffo, allora formasi un vuoto al disotto, la pressione atmosferica chiude la valvola *m*, e la forza espansiva dell'aria racchiusa nel tubo d'aspirazione apre la valvola *p*. Quest'aria occupando uno spazio maggiore, non ha più tanta forza per eguagliare la pressione dell'aria esterna sull'acqua del pozzetto, per conseguenza cotesta pressione fa salir l'acqua ad una certa altezza nel tubo d'aspirazione; se si abbassa poi lo stantuffo, un tale abbassamento comprime l'aria che trovasi fra di esso e le due valvole, chiude quella del tubo d'aspirazione; aprendo l'altra; dopo un certo numero di colpi, l'acqua arriva alla camera della tromba, ma il vuoto non si crea giammai perfettamente sotto dello stantuffo a cagione dello spazio esistente fra il punto più basso del suo corso, e la valvola *p*, ove una certa quantità d'acqua trovasi sempre.

57. Allorchè l'acqua è pervenuta a siffatta altezza, la discesa dello stantuffo ricomprime una parte dell'acqua contenuta nella camera della tromba, e la costringe ad entrare nel tubo salente; l'ascensione di questo medesimo stantuffo produce un vuoto che è sull'istante occupato dall'acqua che sale nel tubo d'aspirazione, un' altra discesa scaccia quest'acqua nel tubo salente sino a tanto che sia arrivata alla sua cima, ed allora una porzione di essa sgorga fuori ad ogni discesa dello stantuffo.

58. Fa d'uopo in questa specie di trombe aver cura di regolare così bene l'alzata dello stantuffo che non chiuda giammai totalmente colla sua compressione l'ingresso del tubo salente, giacchè potrebbe accadere, se non ci fosse più aria fra di loro, che lo stantuffo toccando la valvola *p* avesse a superare salendo il peso intero della pressione atmosferica. D'onde nasce (come lo ha egregiamente dimostrato il Belidor), che una tromba cessa alcune fiate tutto ad un tratto d'agire senza poterne indovinare il motivo, e si disfà più volte la macchina senza conoscere il difetto che trattasi di correggere.

59. Nella sopra accennata tromba, quando sale lo stantuffo, la potenza dee vincere uno sforzo eguale al peso di una colonna d'acqua che avesse per base lo stantuffo, e per altezza la distanza fra il punto più elevato pel corso dello stantuffo, e il livello dell' acqua nel pozzetto. Imperciocchè allora lo stantuffo aspira come in una tromba aspirante semplice, e la sua azione non si fa sentire che nel tubo d'aspirazione, e nella parte della camera della tromba che trovasi sotto la superficie inferiore di esso; quindi il tubo salente è turato dalla valvola *m*.

60. Quando scende lo stantuffo, la valvola *p* chiude il tubo d'aspirazione, ed il suddetto stantuffo non fa altro che ricomprimer l'acqua nel tubo salente, nel modo stesso che opera quello di una tromba premente semplice, per cui ne risulta che in questa discesa la potenza dee superare il peso d'una colonna d'acqua che avesse per base lo stantuffo, e per altezza la distanza verticale fra la valvola *p*, ed il punto più alto al quale giugne l'acqua nel tubo salente. Nella discesa, il peso dello stantuffo, e de' suoi accessori aiutano la potenza, ma nell'ascensione accade al contrario, poichè questo peso diventa un aumento di resistenza cui la potenza dee vincere.

61. Una buona tromba aspirante e premente dovrebbe essere combinata in maniera che gli sforzi della potenza fossero eguali nelle due azioni, ma siccome ben di rado succede che abbia una tal proprietà, è stato adottato il costume di far muovere due trombe dal meccanismo di una sola, disponendole in guisa che l'una ricomprima, mentre l'altra aspira.

TROMBA ASPIRANTE E PREMENTE SEMPLICE DI *PAREOT* (*tav.* 9. *fig.* 1.)

62. Noi abbiamo dimostrato al (N. 56) il difetto che ha la tromba aspirante e premente comune, di lasciare un vuoto fra il punto più basso della discesa dello stantuffo, e la valvola del tubo d'ascensione. Parent ha investigato i mezzi di rimediarvi, e ha disposta la sua tromba nel modo seguente. Il tubo d'aspirazione, la camera della tromba ed il tubo salente sono sovrapposti ad un solo asse verticale, lo stantuffo è a valvola; in questa tromba lo stantuffo può realmente discendere sino alla valvola d'ascensione, ma siffatto vantaggio è compensato dagli inconvenienti qui dichiarati. 1. È quasi impossibile d'innalzar l'acqua con questa tromba ad un'altezza considerabile, a cagione della lunghezza eccessiva che bisognerebbe dare al gambo dello stantuffo, il quale sopraccaricherebbe la sua potenza d'un inutile peso. 2. Tutte le volte che si dovrà ristaurare la valvola d'ascensione, o rinovare le rotelle di cuoio che trovansi nelle unioni dei tubi, converrà disfare affatto il tubo salente.

TROMBA ASPIRANTE E PREMENTE DI *BELIDOR* (*tav.* 11. *fig.* 7.)

63. In questa tromba, che pare preferibile alla precedente, e che ha la stessa proprietà di evitare il vuoto fra lo stantuffo, e la valvola d'ascensione; il tubo salente anzichè essere collocato in fondo alla camera della tromba come nella tromba aspirante e premente ordinaria, è per lo contrario unito alla parte più alta di essa camera della tromba. Lo stantuffo è forato, e perchè ristringa meno che sia possibile il passaggio all'acqua, Belidor ha proposto di farlo di metallo, e di adattare alla parte superiore due valvole a cerniera. La camera della tromba è coperta da una piastra di getto, nel mezzo della quale sta un orlo dell'istesso metallo, fra cui passa la verga dello stantuffo. Cotesta verga attraversa molte rotelle di cuoio coperte da un anello, e strette da viti.

64. La difficoltà di chiudere il passo all'acqua pel buco della verga dello stantuffo senza aumentare notabilmente l'attrito, è un danno grave che diminuisce la bontà di questa tromba. Essa gode del prezioso vantaggio di avere, allorchè è attivata, il suo stantuffo fra due acque, la qual cosa impedisce che l'aria non s'introduca per lo stantuffo nella camera della tromba come accade soventemente nelle trombe comuni.

TROMBA ASPIRANTE E PREMENTE, IL CUI STANTUFFO AGISCE DAL BASSO IN ALTO (*tav.* 5. *fig.* 8.)

65. La camera della tromba *a* è aperta in fondo, il tubo d' aspirazione è congiunto ad essa verso la parte superiore, e la valvola d' aspirazione è situata nel luogo dell' unione *c*; il tubo salente *d* è posto immediatamente sopra la camera della tromba, ed è un poco ricurvo per lasciare il libero moto al telaio di ferro, su cui lo stantuffo è aggiustato. La tromba comune è di una costruzione più facile, meno complicata, e per conseguenza preferibile nella maggior parte dei casi.

TROMBA ASPIRANTE E PREMENTE DELL' ANTICA MACCHINA DI *MARLY* (*tav.* 5. *fig.* 8.)

66. La camera della tromba *a* ed il tubo salente *b* s' innalzano perpendicolarmente sul tubo orizzontale *d*, all' estremità del quale è adattato il tubo aspiratore *e*; la valvola d' aspirazione trovasi nella unione *m*, e quella d' ascensione nella giuntura *p*. Lo stantuffo è pieno, e perfettamente cilindrico.

67. Bisogna osservare che in tutte le trombe già descritte, l' acqua non può sboccare dalla cima del tubo salente che ad intervalli, cioè mentre accade l' uno dei due movimenti dello stantuffo. Così le trombe aspiranti semplici non gittano l' acqua che quando salgono gli stantuffi, cessando l' effusione alla loro discesa; lo stesso avviene delle trombe prementi, ed aspiranti insieme e prementi, il cui stantuffo agisce dal basso in alto; quelle però all' opposto in che lo stantuffo agisce dall' alto al basso, producono l' effusione quando lo stantuffo scende. Per rimediare a tal difetto e rendere nel medesimo tempo eguale lo sforzo esercitato dalla potenza sullo stantuffo in questi due movimenti, si sono immaginati diversi modi di procedere che si riducono tutti ai tre metodi seguenti, i quali consistono, 1. in adattare un recipiente d' aria alle trombe; 2. nel riunire due o tre camere di trombe ad un tubo salente comune; 3. nel far muovere due stantuffi in una stessa camera di tromba.

RECIPIENTE D' ARIA ADATTATO ALLE TROMBE (*tav.* 5. *fig.* 8.)

68. La camera della tromba *a* è congiunta ad un recipiente di rame *b* di figura cilindrica, coperto dalla calotta *y* simile ad una semisfera. Esso recipiente è chiuso dalla valvola a cerniera *x* posta in fondo, che comunica colla camera della tromba. Il tubo d' aspirazione *p* corrisponde

colla camera della tromba, e il tubo *f* col tubo salente, l' uno e l' altro hanno una valvola conforme il solito; lo stantuffo massimamente giuoca dal basso in alto per mezzo d' un telaio di ferro che non è dimostrato dalla figura.

69. Allorchè dopo un certo numero di colpi dello stantuffo, l' acqua è pervenuta a riempiere il tubo d' aspirazione e la camera della tromba; ne viene che ogni volta che si fa salire lo stantuffo, l' acqua entra nel recipiente, e vi comprime l' aria ivi raccolta: in questo frattempo, una parte dell' acqua introdotta passa nel tubo salente; quando lo stantuffo scende, la valvola del recipiente si chiude, l' aria compressa esercita la sua forza espansiva, respinge l' acqua del recipiente, e la caccia nel tubo salente. Così ad ogni ricompressione, una parte soltanto dell' acqua alzata dallo stantuffo, passa nel tubo salente, restando l' altra in riserva per entrarvi poscia durante l' aspirazione, in virtù dell' elasticità dell' aria compressa nel recipiente. Onde quest' effetto abbia luogo, fa d' uopo che il pertugio per ove l' acqua entra nel recipiente sia maggiore di quello che conduce al tubo salente: poichè lo stantuffo risalendo debbe ricomprimere due volte tant' acqua quanta ne può pescare nell' istesso tempo nel tubo salente, e che abbia per lo meno una superficie doppia di questo tubo. Con una tromba a serbatoio d' aria, una medesima potenza non potrà somministrare più acqua di quello che si abbia da una tromba ordinaria; l' unica differenza ch' esista fra gli effetti dell' una e dell' altra, ella è, che la stessa quantità d' acqua è nella prima versata con proseguimento e nell' altra con interruzione. Il recipiente d' aria è utile tutte le volte che si ha una forza motrice ragguardevole a propria disposizione, e che si desidera ottenerne un lavoro attivissimo. Tale è il caso delle trombe per gl' incendi, delle quali parleremo nel secondo libro.

70. Il recipiente d' aria presenta un' effusione continua ma non uniforme; imperciocchè è chiaro che l' elasticità dell' aria ha tutto il suo vigore, e genera il più grand' effetto allorchè comincia ad esercitare la sua pressione sull' acqua del recipiente, ed a misura che questa entra nel tubo salente, le cede il posto, le permette di dilatarsi grado a grado, esaurisce la sua forza, e la quantità dell' acqua ricompressa dee diminuire ad ogni istante. Questa varietà nell' effusione è tanto più sensibile, quanto più i colpi dello stantuffo sono lenti.

Si possono adattare dei recipienti d' aria in tutte le specie di trombe aspiranti o prementi, e attribuir loro delle forme, e delle disposizioni diverse secondo la natura delle macchine alle quali sono accomodati essi recipienti.

RIUNIONE DI MOLTE CAMERE DI TROMBA AD UN SOLO TUBO SALIENTE

71. La *fig. 4 tav. 5.* rappresenta una tromba premente, in cui due camere di tromba *a* e *b* sono unite col mezzo di stufle ad un tubo da due pertugi *c*, al quale si attribuisce comunemente il nome di tubo bracato. Il tubo saliente *d* è appoggiato alla parte superiore del tubo bracato. Due stantuffi *e* e *f* si muovono alternativamente nelle camere della tromba, e mentre che l'uno aspira l'altro ricomprime l'acqua che continua a salire.

72. Nella descritta tromba, le camere della tromba sono parallele, ed in quelle indicate dalla fig. 5, sono soprapposte l'una all'altra, o dir meglio, sono formate di un solo tubo aperto alle due estremità, e separate in due porzioni eguali da un trammezzo, o diaframma. Due stantuffi *a* e *b* congiunti insieme da un telaio di ferro, si muovono contemporaneamente nelle due parti *c*, e *d*, le quali due parti finiscono nello stesso ramo *f* corrispondendovi pei due buchi *m n*. (La figura 9 mostra un taglio verticale fatto sul ramo *f* che è elittico, e dove scorgonsi i detti due buchi *m n*). Questi due buchi si aprono e chiudono a vicenda per una sola valvola che loro è comune, e che ha la forma di un prisma triangolare, e gira intorno ad uno de' suoi lati vivi in forza d'una cerniera fra i due buchi, ove trovasi il suo centro di moto *f*: essa cerniera è di rame, massiccia, o concava secondo la sua grandezza.

73. I due stantuffi agiscono in opposizione fra loro, poichè supponendo le camere della tromba sommerse, si vedrà che quando il telaio sale, la valvola dello stantuffo *a* si apre, e l'acqua entra nella sua camera di tromba, nello stesso tempo che quella dello stantuffo *b* si chiude; per tal modo quest'ultimo ricomprime l'acqua, ed apre il pertugio *n* onde il fluido passi nella camera della tromba. Allorchè il telaio scende, lo stantuffo *a* ricomprime dal suo canto; perciò la valvola prismatica essendo sospinta dall'acqua compressa da questo stantuffo, gira sul proprio asse, apre il pertugio *m* chiudendo l'*n*: da un'altra parte della nuova acqua entra nella camera della tromba per rimpiazzare il vuoto che lascia la discesa dello stantuffo. Così mediante l'azione dei due stantuffi, il fluido sale e scorre senza interruzione.

TROMBA ASPIRANTE INSIEME E PREMENTE A DUE CAMERE DI TROMBA CONGIUNTE INSIEME DA UNA TINOZZA
(*tav.* 6. *fig.* 7, *ed* 8.)

74. Questa tromba, di cui vedesi un modello nella macchina del ponte di Nostra Signora a Parigi, è composta: 1. di tre trombe aspiranti semplici *a a a*, la parte superiore della quale è incastrata nel fondo della tinozza *b*: 2. di tre camere di tromba a ricompressione, che s' innalzano verticalmente sopra la stessa tinozza in che si tuffano: 3. d' un tubo sagliente che unisce fra loro queste tre camere di tromba. Sei stantuffi congiunti due a due ad un telaio di ferro salgono e scendono l' uno appresso l' altro in tutte le camere della tromba.

75. La tinozza debbe essere foderata di piombo e produce assai vantaggiosi effetti; l' acqua ond' è piena, mantiene sempre umidi i cuoi; e quando convien procedere a qualche operazione, si pongono le trombe allo scoperto per disfarle senza toccar il tubo d' aspirazione; inoltre si ha la libertà di rendere l' aspirazione tenue quanto aggrada, poichè basta che il fondo della tinozza sia alzato alcuni piedi sopra la superficie delle maggiori escrescenze.

76. Allorchè ci serviamo delle trombe prementi immerse in un fiume, vi si colloca ordinariamente in fondo una tinozza; per modo che le sue sponde sopravanzino la superficie dell' acqua. Questa disposizione è meno comoda della precedente, giacchè siamo costretti a votar l' acqua cui contiene, quando vogliamo visitare la tromba, e nel tempo delle grandi piene, potendo restare sommersa; in tal caso fa d' uopo ritirarle qualunque volta dobbiamo rinovare i cuoi, o nettare le valvole, ed i stantuffi, il che sovente non è dato di fare senza molta difficoltà, e perdita di tempo.

TROMBA DEL SIGNOR *TREVICTICK*
(*tav.* 7. *fig.* 1.)

77. Ad una tromba aspirante comune *a b*, è adattato il tubo addizionale *c*. Uno stantuffo dalla valvola a cerniera agisce nel tubo *a*, mentre che uno stantuffo pieno opera del pari nel tubo *c*; i gambi di questi due stantuffi sono uniti fra loro mediante la staffa di ferro *d*.

78. Quando i due stantuffi si alzano, la pressione atmosferica occupa al solito lo spazio al disotto, e nello stesso tempo la colonna superiore dell' acqua corre pel tubo di sfogo *e*. Se poi i due stantuffi scendono insieme, la valvola a cerniera *f* chiudesi, e l' acqua ricompressa dallo stantuffo solido *c* risale, passando per mezzo il tubo di sfogo *e* come era accaduto da prima a cagione del colpo sagliente.

TROMBA A DUE STANTUFFI CHE SI MUOVONO OPPOSTAMENTE FRA LORO IN UNO STESSO TUBO. TROMBA DOPPIA DEL SIGNOR *CHARPENTIER* (*tav.* 8. *fig.* 1.)

79. Estratto del rapporto fatto all' Accademia li 28 Novembre 1781.

„ La tromba aspirante, cui l' autore propone pei navigli è composta come le trombe comuni, d' un tubo d' aspirazione, e di una camera di tromba corredata in fondo di una valvola; ma dentro questa camera di tromba, la quale è stabile, avvi un' altra camera di tromba mobile, che l' autore prescrive di rame per renderla meno grossa, e il cui diametro esterno è più piccolo di alcune linee che quello interno della prima camera, affinchè possa agevolmente muoversi nella direzione della sua lunghezza. La camera interna, forata essa pure nel fondo, è guernita di una valvola, che permette all' acqua di salire, e si attiene immediatamente di sotto ad uno stantuffo forato, tal che quando si fa giuocare per un gambo che è unito al suo labbro superiore, fa precisamente l' effetto dello stantuffo di una tromba aspirante volgare.

80. „ Dentro alla camera mobile trovasi un altro stantuffo armato di una valvola, e mosso da un gambo particolare; il quale, come pure quello della camera della tromba mobile sono uniti a cerniera da una e l' altra parte del punto d' appoggio di una leva orizzontale; tal che quando questa si fa giuocare, i due gambi muovonsi l' un contro l' altro, cioè mentre che la camera della tromba mobile scende nella camera stabile e si riempie dell' acqua che passa pel buco che è in fondo, lo stantuffo sale nella medesima camera ed innalza l' acqua che è già cascata sopra la valvola; e vicendevolmente quando la camera sale ed innalza il fluido che contiene, lo stantuffo scende, e nel comprimer esso fluido contro il fondo della camera, l' obbliga a passare sopra la valvola.

81 „ Da siffatta descrizione si scorge che l' acqua non è quasi mai permanente nel tubo d' aspirazione, dovendo salire in questo tubo, frattanto che la camera della tromba mobile sale, giacchè esercita questa l' offizio dello stantuffo d' una tromba aspirante comune. Essa dee salire parimente quando la camera mobile discende, perchè nello stesso tempo lo stantuffo che è nella camera, sale con egual prestezza; e quasi la metà dello spazio compreso tra il fondo della camera mobile sarebbe vuoto, se la pressione atmosferica non costringesse l' acqua del tubo d' aspirazione a riempierlo; così il moto dell' acqua in questo tubo essendo presso che continuo, la valvola che è in fondo alla

„ camera della tromba stabile trovasi, dirò così, oziosa; ma, il signor Charpentier la lascia sussistere per maggiore sicurezza: di più le valvole „ della camera della tromba mobile e dello stantuffo essendo alternativamente chiuse per la metà del tempo, bisogna che l'acqua passando „ pei loro orifizi, contragga una velocità più che doppia di quella colla quale monta costantemente nel tubo d'aspirazione.

82 „ Se paragonasi la tromba del sig. *Charpentier* colla tromba aspirante comune, è certo che, posta ogni cosa eguale da una parte e „ dall'altra quanto al prodotto, (cioè che i diametri, la quantità dell'acqua innalzata, e l'altezza alla quale si conduce siano i medesimi „ nei due casi) la velocità, cui assume il fluido nel tubo d'aspirazione „ della tromba comune, deve essere presso a poco doppia di quella che „ prenderà nel tubo d'aspirazione del sig. *Charpentier*, poichè nella „ tromba comune il moto dell'acqua è intermittente, laddove in quella „ presentata dall'autore questo moto è continuo; le resistenze che dipendono dalla velocità dell'acqua nei tubi d'aspirazione ed in quelli „ d'acquedotto deggiono perciò essere più considerabili nella tromba „ comune, che in quella del sig. *Charpentier;* quindi i cambiamenti „ dall'autore proposti, ci sembrano sotto questo aspetto vantaggiosi, e „ favorevoli alla forza motrice.

83. „ Ma, d'altro canto, una tromba aspirante comune che fosse „ dello stesso prodotto, non avrebbe che un solo stantuffo, e non proverebbe per parte dell'attrito di esso e del ristrignimento che forma, „ se non se una resistenza semplice, mentre che nella tromba dell'autore ove sono due stantuffi, la resistenza dovuta per le stesse ragioni sarà doppia; inoltre il peso della camera della tromba mobile, „ cui fa d'uopo innalzare ad ogni scorrimento, è ancora un ostacolo che „ in simili circostanze non si dovrebbe vincere colla tromba aspirante „ comune.

84. „ Rimane a sapere se questi difetti sono più che compensati dalla costanza del moto nel tubo d'aspirazione, dubbio assai difficile a „ risolvere, strettamente parlando, perchè di tutti gli effetti, gli uni non „ sono di una natura da poter essere esattamente misurati, gli altri dipendono dalla lunghezza dei tubi, ed altri finalmente dal grado di „ perfezione della macchina.

„ Sarebbe forse cosa anche incerta consultare l'esperienza su quest'oggetto, principalmente se fossero impiegati dei motori animati, la „ forza de' quali non è abbastanza precisa e costante, onde le differenze osservate nei prodotti possano essere unicamente imputate alle diverse costruzioni di macchine. La nostra opinione su ciò egli è, che „ la macchina presentata dal sig. *Charpentier* non pare preferibile alla

„ tromba comune che nel caso, in cui i tubi d' acquedotto fossero lun-
„ ghissimi, e dove altronde il luogo non permettesse d' impiegare due
„ camere di tromba.

„ L' autore ha presentata pure all' Accademia un' altra tromba per
„ gl' incendi composta nella stessa maniera, cioè di un' altra camera
„ mobile dentro la prima, e di uno stantuffo. (Vedi la *tav.* 8. *fig.* 3.)

„ La composizione di tal macchina non è diversa da quella della tromba
„ descritta, che per il lato in cui si muovono le valvole della camera mo-
„ bile e dello stantuffo. La camera della tromba stabile corrisponde col suo
„ fondo, che è dalla parte superiore, in un serbatoio d' aria destinato
„ a mantenere la continuazione del getto d' acqua; e i gambi della
„ tromba mobile e dello stantuffo entrano nella camera esterna al di sotto.

86. „ Noi non crediamo che questa tromba offra alcun vantaggio sulla
„ tromba ordinaria per gl' incendi, le cui due camere, e il serbatoio
„ d' aria comunicano all' acqua un moto continuo nei tubi d' acquedotto.

87. „ Concludiamo per tanto che i cambiamenti proposti dal sig. *Char-*
„ *penthier* per la tromba aspirante sono ingegnosi; che per vari riguardi
„ si riconoscono favorevoli alla forza motrice; che soffrono per verità al-
„ cuni lievi difetti, i quali ne' casi ordinari possono contrabbilanciarne
„ i vantaggi, ma che per altro esaminato tutto, ci sembra che meritino
„ l' approvazione di quest' Accademia.

TROMBA DOPPIA DEL SIG. *MARKNOBLE* (*tav.* 8. *fig.* 2.)

La tromba del sig. *Marcknoble* consiste principalmente in due stantuffi che si muovono l' uno sopra dell' altro, e in modo contrario nello stesso cilindro; ambedue sono forati e guerniti di valvole. Il gambo dello stantuffo inferiore attraversa la base dello stantuffo superiore, l' uno sale quando l' altro discende. Si comunica loro agevolmente questo moto alternativo opposto col mezzo di una manovella doppia, o con qualunque altro espediente.

89. Siffatta disposizione rende l' acqua sempre ascendente, e la valvola dormiente, la quale è collocata ordinariamente in cima al tubo d' aspirazione, ed è aperta di continuo mentre la tromba agisce. Questa valvola non serve qui che a contenere l' acqua nei tubi allorchè le trombe sospendono i loro lavori.

90. La colonna dell' acqua movesi dunque per linea retta senza seguire alcuna curva, nè sinuosità, senza provare alcuna interruzione dalla superficie dell' acqua del serbatoio sino allo sfogatore superiore della tromba; con tal mezzo si risparmia una parte ragguardevole della forza motrice cui fa d' uopo impiegare necessariamente nelle trombe volgari, tanto per vincere l' attrito nelle curve, e nei rami dei tubi, quanto per superare la sua inerzia ad ogni colpo dello stantuffo, qualora si vuol sforzare la colonna dell' acqua a passare dal riposo al moto.

91. La figura 2. della *tav.* 8. rappresenta due trombe congiunte e disposte secondo il metodo di *Marcknoble*. — AA, cilindri o camere di tromba. — BB, valvole dormienti. — CCCC, stantuffi — DDDD, anelli posti sulle valvole a cerniera d' ogni stantuffo per aprirle mercè di un uncinetto, e trarre gli stantuffi più facilmente quando occorra visitarli. — EE, gambi cilindrici ai quali sono attaccati i due stantuffi inferiori, e che passano in un pertugio praticato negli stantuffi superiori appiè dei gambi FF, che deggiono essere fissati in mezzo degli stantuffi superiori — GGGG, sbarre curve forate nel loro centro.

TROMBE A STANTUFFI GIRANTI

92. In tutte le trombe già descritte, il moto dello stantuffo è verticale rettilineo alternativo. Alcuni meccanici hanno in varie epoche immaginate delle trombe aspiranti, prementi, ed aspiranti insieme e prementi, ove il pezzo che fa le veci dello stantuffo ha un moto costante o alternativo di rotazione. Quantunque la maggior parte di coteste invenzioni sieno più curiose che utili, nulladimeno non possiamo dispensarci dal esporne qui brevemente le principali.

TROMBA ASPIRANTE E PREMENTE DALLA CAMERA DI TROMBA CIRCOLARE DI *RAMELLI* (*tav*, 9. *fig.* 10.)

93. Alla camera della tromba circolare *a a* sono adattati due tubi *b b*. e due tubi saglienti *c c*. I primi in un colla camera della tromba trovansi nello stesso piano verticale, gli altri se ne allontanano, per una curva che fanno prima d' innalzarsi. I due stantuffi *x y* sono uniti fra di loro per un gambo che forma la circonferenza di un cerchio interrotto nella parte inferiore fra gli stantuffi. Questo gambo circolare ha una dentatura di ferro che ingrana in una vite perpetua.

94. Il motore agisce sull' asse della vite perpetua coll' intermezzo d' una manovella, o di un altro ordigno, comunicandogli un moto di rotazione alternativo, tal che quando esso fa girare l' ingranatura da un lato, uno degli stantuffi sale, e l' altro scende; il primo aspira, e l' altro ricomprime.

TROMBA ASPIRANTE A STANTUFFO ROTATORIO (*tav.* 9. *fig.* 3.)

95. Trovasi nella raccolta di *Vittorio Zonca* una tromba costrutta come segue: *a* è un tubo d' aspirazione comune, armato della sua valvola; sopra di esso vi è una cassa diligentemente chiusa, nella quale sta una tavoletta mobile sostenuta da un asse girante, l' uno de' cui cardini corrisponde col punto *b*; un gambo *c* è attaccato al di sopra di questa tavoletta, che attraversa il coperchio della cassa.

96. Ogni volta che si alza il gambo, la tavoletta gira descrivendo un arco di cerchio nella sua estremità x, ed aspira aumentando lo spazio compreso al di sotto, ove si crea un vuoto come quando alzasi lo stantuffo di una tromba aspirante comune. Allorchè si abbassa il gambo, la tavoletta gira in modo opposto, e ricomprime l' acqua cui l' aspirazione aveva innalzato.

97. Questa tromba e le altre tutte formate sullo stesso principio, sono assai difettose. Sappiamo che in una tromba aspirante qualunque, la potenza dee superare una resistenza eguale al peso di una colonna d' acqua, che avesse per base la superficie superiore dello stantuffo, e per altezza la distanza fra il livello dell' acqua del recipiente e il punto ove si scarica. Ora egli è evidente cosa, che quanto è maggiore la superficie dello stantuffo, tanto più lo sforzo da vincere è considerabile; qui eccessiva è questa superficie, per cui la resistenza sarà estrema in paragone del prodotto.

98. Le figure 7, 8, 9, rappresentano una tromba premente costrutta a modo della precedente e coi medesimi diffetti. Il bilanciere aa avente il suo centro di rotazione in x, è mosso da uomini che tirano a vicenda col mezzo di corde attacate ad ambo i lati; ad esso bilanciere sono fermati i gambi di due telai di ferro che corrispondono sotto al piatto girante; così le oscillazioni del bilanciere aa pongono in moto i piatti, talmente che l'uno aspira, mentre l'altro ricomprime. Ciascuno di questi piatti poi è forato da tre buchi coperti da valvole a cerniera.

99. La fig. 4. tav. 9. rappresenta la sezione d' una camera di tromba divisa in quattro parti eguali dai tramezzi $abcd$; un asse verticale gira in mezzo del cilindro; a quest' asse sono adattate quattro palette $efgh$; i tramezzi sono disposti in guisa da non impedir l' azione delle palette, le quali per un moto alternativo circolare vanno da un tramezzo all' altro. Così, quando si farà girar l' asse per un verso, la paletta e si avvicinerà al tramezzo a allontanandosi dal b, ed al contrario se si farà girar quello dalla parte opposta: lo stesso accade delle altre palette; i pertugi xg servono per introdurre l' acqua nella camera della tromba. Con tal ordine, ogni paletta aspira da un lato, ricomprimendo dall' altro. Questa macchina è ancora più difettosa delle anzidette, poichè da una parte le palette sono soverchiamente grandi rispetto ai fori dei tubi, e dall' altra, la macchina è di una esecuzione difficile e complicata. La fig. 2 dà a vedere una tromba costrutta sullo stesso principio, quantunque più semplice; l' asse di essa è scavato, e contiene dentro di se il tubo salente; la camera della tromba ha due tramezzi e due palette che aspirano, e ricomprimono quasi come nella tromba precedente. E non essendo coteste macchine atte ad essere impiegate con profitto, sarebbe

perciò inutile ogni più lunga descrizione. Se ne trovano di molte fatte nell' opera di *Ramelli*, e in varie altre antiche raccolte di macchine.

TROMBA ASPIRANTE INSIEME E PREMENTE A ROTAZIONE CONTINUA (*tav.* 9. *fig.* 1.)

100. Un asse orizzontale *a* sostiene sei palette, e gira nella camera della tromba *b b*, alla quale sono adattati il tubo aspiratore *c*, ed il tubo salente *d*, guerniti di una valvola per ciascheduno. Le palette formano girando un vuoto, od aspirazione in quanto al tubo *c*, ed una ricompressione rapporto al tubo *d*. I sopraccennati effetti si riproducono in questa tromba.

TROMBA PREMENTE A ROTAZIONE CONTINUA (*tav.* 9. *fig.* 5.)

101. Trovasi questa ingegnosa invenzione nella raccolta del *Ramelli*, ed è meno difettosa delle trombe precedenti, ma la sua costruzione è alquanto difficile, e non è scevra di molti notabili inconvenienti. Lo stantuffo girante *b* offre tre piani inclinati *m n p*, sui quali si appoggia una specie di cateratta *x*. Questa cateratta movesi in un incastro, o fra rotoli, e s' intromette nella camera della tromba per modo che può avere un libero moto di salita, e di discesa, e nello stesso tempo l' acqua non può uscire pel pertugio che attraversa. Da siffatta condizione difficile ad ottenersi, dipende la bontà della macchina, poichè se il pertugio è troppo angusto, l' acqua non potrà passare, ma converrà impiegare una forza ragguardevole per far salire la cateratta: se all' opposto sale questa con agevolezza, non sarà abbastanza accuratamente impedito all' acqua il passaggio.

102. Il moto ascensionario della cateratta nasce dalla rotazione dei piani inclinati, e quello della discesa dallo stesso suo peso. L' offizio di questa cateratta è di sforzare l' acqua, cui i piani sospingono salendo, ad entrare nel tubo *d* impedendole ogni altro passaggio.

103. La *fig.* 6. *tav.* 9. rappresenta un' altra tromba costrutta giusta i medesimi principj. Lo stantuffo girante è una specie di ruota con gran denti, i quali servono allo stesso oggetto che i piani inclinati della macchina precedente, strascinando cioè l' acqua che trovasi ricoverata nelle loro cavità, e non può più retrocedere; quando è pervenuta quest' acqua all' altezza della cateratta, è costretta ad entrare nel tubo saliente, che le offre la sola apertura per ove possa passare.

Si adatta alla parte inferiore della cateratta un picciolo rotolo, che diminuisce l' attrito contro tali denti.

104. Sebbene una simile costruzione strascini ad infinite resistenze passive, che tutte tendono ad indebolire l' effetto attivo della macchina, e a renderla poco efficace, essa è per altro sotto questo riguardo meno difettosa che la precedente.

TROMBA ASPIRANTE A STANTUFFO GIRANTE E AD ASSE ORIZZONTALE (*tav. 7. fig. 2. e 3.*)

105. — A, cilindro o camera di tromba guernita di due sponde ad ogni estremità, contro le quali sono fermate con una cavicchia di ferro le cime, o coperchi della camera della tromba, collocando delle rotelle di cuoio fra esse sponde e coperchi per porre la camera della tromba alla prova dell' acqua.

106. — B, stantuffo girante formato da due ale *a* e *b* adattate all' asse *c*, in ciascuna delle quali si trovano delle valvole per il passaggio dell' acqua. D' ogni intorno alle sponde esterne sono attaccate con viti delle piastre di rame destinate a porre le alette alla prova dell' acqua durante l' azione della ricompressione della tromba.

107. — C, separazione, la cui parte inferiore è combinata col cilindro, laddove la parte superiore è disposta in guisa d' abbracciare esattamente l' asse B del cilindro, il semidiametro del quale è sempre apparente sulle ale dello stantuffo. Nella sponda superiore di questa divisione C, è la scanalatura *n*. Allorchè l' asse è fissato al suo posto, si riempie la sponda e la scanalatura *n* con della stoppa e dell' untume, per impedire l' ingresso all' acqua. Lo scopo di questo tramezzo C, è di separare la parte inferiore della camera della tromba sotto le alette in due compartimenti. Ad ogni banda del tramezzo C vi ha un pertugio che comunica col tubo d' aspirazione G; questi pertugi sono chiusi da due valvole a cerniera DD.

108. Il celebre *Bramah* ha applicato questo meccanismo ad una eccellente tromba d' incendio che descriveremo nel secondo libro.

TROMBA ASPIRANTE A STANTUFFO GIRANTE, AD ASSE VERTICALE, ED A ROTAZIONE CONTINUA. (*tav. 7. fig. 6. e 7.*)

109. — *a a*, vaso elittico di metallo con isponde sopra e sotto, forate da buchi per poterlo unire al fondo con cavicchie di ferro.

b b, cilindro avente un moto di rotazione dentro il vaso *a a*, contro il quale gira dalla parte del suo piccolo diametro.

c c, due valvole a cerniera di metallo, fornite di molle, e combinate

col cilindro *b b*: esse molle spingono le loro estremità contro le pareti del vaso elittico in proporzione che il cilindro *b b* compie i suoi giri: queste valvole a cerniera egualmente che la molla si ripiegano contro il cilindro in un incastro eseguito a tal effetto, variando così di posizione ad ogni istante. La *fig.* 8. *tav.* 2. accenna un' altra tromba analoga.

DETTAGLI DI COSTRUZIONE RELATIVI ALLE TROMBE

110. Le trombe contengono generalmente due spezie di parti mobili, le valvole, ed i stantuffi.

VALVOLE

111. Le valvole sono piccole porte di varie forme, le quali debbono obbedire agli impulsi che le aprono e serrano per istabilire, o vietare all' acqua certi passaggi determinati.

112. Una valvola suppone sempre un diaframma o trammezzo, ove è praticato il buco, cui la valvola dee chiudere.

Se la valvola fosse perfettamente costrutta, dovrebbe adempiere le seguenti condizioni: 1. permettere di esercitare nel diaframma l' apertura maggiore che fosse possibile: 2. lasciar libera affatto quest' apertura allorchè debbe essere aperto il passo, e chiuderlo esattamente quando convenga: 3. essere disposta in modo che la introduzione dei piccoli corpi estranei cui l' acqua strascina seco nella tromba, non solamente non possa interrompere il suo libero moto, ma neppure impedirlo di eseguirsi compiutamente: 4. essere nel tempo stesso solida, e di facile manutenzione.

113 Se la prima condizione non è adempiuta, l' acqua che deve attraversare il diaframma, trovando un adito angusto passar non potrebbe senza contrarre una maggiore velocità; ora questa velocità non può esserle comunicata senza un aumento di sforzi per parte della forza motrice; e tale aumento fia tanto più grande, quanto più stretto sarà il passaggio; quindi la migliore valvola sarà quella che non ristringerà di sorta alcuna esso passaggio. Per ottenere un così importante vantaggio, molti fabbricatori hanno adottato il metodo di formare un aumento al tubo appunto sopra il diaframma come vedesi alla *tav.* 11. *fig.* 7; cotesto espediente permette in realtà di stabilire nel diaframma un' apertura, il cui diametro è uguale a quello del tubo inferiore, ma la costruzione della tromba diventa meno facile, e più dispendiosa, talmente che esso spediente è più proficuo nelle vaste e ragguardevoli macchine, il lavorio delle quali deve essere lungo e continuo, che, in quelle che non agiscono se non se con interruzione, e non innalzano che piccole quantità di acqua.

114. Si distinguono quattro sorta di valvole; valvole a conchiglia, coniche, sferiche, ed a cerniera. Le prime tre si fanno di rame.

VALVOLA A CONCHIGLIA (*tav.* 10. *fig.* 2.)

115. Il diaframma *a a*, ove sta la valvola *b*, è di rame, e formato di un sol pezzo, in cui si distinguono nulladimeno molte parti disposte in diversi luoghi, ma tutte concentriche: 1. La linguetta 1 1, collocata fra due rotelle di cuoio 2 2, e 3 3, le quali rotelle sono strette col mezzo delle viti 4 4 da staffe che uniscono il tubo inferiore al superiore; 2. I piani inclinati 5 5 della conchiglia: 3. la sbarra 6 6 di detta conchiglia: questa sbarra ha poca larghezza, e scende alquanto sotto il piano della linguetta per dar più profondità alla conchiglia, il centro della quale è forato con un buco, ove entra il gambo 7 della valvola che può liberamente salire e scendere senza deviare; ond'è che si costruisce assai più grossa la parte 8 che circonda detto buco.

Scorgesi che la valvola *b* è come un tronco di cono rovesciato, e concavo nel suo interno.

116. Questa valvola presenta molti difetti:

1. Si unisce talvolta così intimamente alla sua conchiglia, che cessa di giuocare; leggesi nelle memorie dell'Accademia Reale delle scienze l'anno 1703 che il sig. *Amontons* avendo costrutta una tromba ricomprimente immersa per 6 piedi nell'acqua, rimase attonito nel vedere che le valvole, le quali erano di metallo, ottimamente fatte, e ben dirizzate sulle loro conchiglie, si arrestassero tutto ad un tratto. Egli fece disfare più volte la tromba per iscoprirne la cagione, ma non si accorse di nulla.

117. Se queste valvole, che erano situate orizzontalmente nella camera della tromba, fossero state compresse dall'alto al basso per il peso dell'atmosfera, avremmo potuto credere che si fossero trovate nel caso delle due superficie ben pulite e molli, applicate l'una contro l'altra, le quali non possono essere separate che per l'azione di un grande sforzo; ma fra le valvole e lo stantuffo non vi era aria che potesse premerle dall'alto al basso, per lo contrario erano spinte dal basso in alto dall'acqua cui gli stantuffi ricomprimevano.

118. Non si può dunque attribuire che ad una sola causa l'adesione delle valvole alle loro conchiglie, e ciò dall'acqua che le bagna; bisogna che le particelle dell'acqua che sono entrate nei fori di ciascuno di questi corpi, aggrappandosi tanto più fortemente quanto più sono pulite le due superficie, scaccino l'aria affatto che potrebbe esistere fra

di loro. Quindi è la moltitudine delle particelle dell'acqua che contribuisce alla grandezza dell'effetto, per la difficoltà di distaccarle, o di assottigliarle: ecco quello che impedisce di aprire le valvole.

119. 2. La valvola a conchiglia diminuisce grandemente il passaggio dell'acqua, poichè questo fluido non può uscire che per lo spazio a foggia di corona (come alla figura) che regna fra il corpo della valvola *mm* e la superficie del tubo salente *nn*, di maniera che scema il passaggio dell'acqua di tutta la capacità, onde occupa il posto, la qual cosa è direttamente contraria alla prima condizione (112), da cui dipende la bontà di una valvola.

120. Con tal sorta di valvola, se aumentasi il buco praticato nel diaframma si aumenta nel medesimo tempo la grandezza della valvola, e si restringe il passo ch'esiste fra essa e la superficie del tubo; diminuendo poi il buco del diaframma, il passo è in egual modo ristretto.

VALVOLA CONICA (*tav.* 10. *fig.* 3.)

121. Questa valvola è diversa dall'enunciata, per la maggiore sua gravità che l'obbliga con più forza ad entrare nella sua conchiglia; essa è composta del cono troncato *a* che entra nella conchiglia *bb* costrutta presso a poco come la precedente, fuori che è del tutto aperta, e non ha sbarra. La valvola all'opposto ha in cima pel suo gambo assai corto una piccola sbarra *cc* che la trattiene allorchè sale.

122. Al di sopra del cono *a*, vi è un capitello convesso, le cui sponde debbono avere molto sporto, onde nel ricadere chiudino ognora esattamente la conchiglia, giacchè non essendovi cosa che costringa l'asse del cono a restare sempre in mezzo, potrebbe, allontanandosi a dritta, o a sinistra lasciare un adito, per ove l'acqua del tubo salente scendesse di bel nuovo nella camera della tromba.

Siffatta valvola ha gli stessi difetti che la precedente, poichè è soggetta ad aderire fortemente al diaframma, e produce uno strignimento, che impedendo all'acqua di passare in gran copia, è dannosa al buon effetto della tromba.

VALVOLA SFERICA (*tav.* 10. *fig.* 4.)

123. La valvola sferica, più semplice delle anzidette, e meno sottopoa a guastarsi, è preferibile per ogni riguardo. Essa è unicamente mposta della sfera *a*, che si colloca nella conchiglia *bb*, e ristringe passaggio come le altre due. Si può peraltro scemare un tal difetto atando il tubo al di sopra e al disotto della conchiglia.

124. È necessario che la palla, la quale forma questa valvola, non sia nè troppo leggiera, nè troppo pesante, giacchè nel primo caso, l'impulso dell'acqua la innalzerà ad un'altezza troppo notabile, e la conchiglia non sarà chiusa così presto da impedire che l'acqua non torni a scendere. Se è troppo pesante, aggiugne una resistenza di più a quelle cui la potenza dee superare; ma in tutti i casi è meglio che il suo peso sia piuttosto grande che piccolo.

VALVOLE A CERNIERA.

125. Valvole a cerniera chiamansi quelle che sono fatte a guisa di porta, e che si aprono intorno ad una cerniera, o ad una coda flessibile di rame.

126. Le valvole a cerniera sono di tutte le valvole conosciute, quelle che ristringono meno il passaggio dell'acqua, ma d'altra parte sono più sottoposte a guastarsi, e richieggono frequenti ristauri. Noi distingueremo tre spezie di valvole a cerniera. Quelle dalla coda flessibile, quelle a cerniera propriamente dette, e quelle per ultimo dell'asse girante.

VALVOLA A CERNIERA, E DALLA CODA FLESSIBILE.
(tav. 10. fig. 7.)

127. Questa valvola è composta del pezzo di cuoio *a a* stretto fra due piastre di rame *b b* e *c c*, la prima delle quali ha un diametro maggiore di quello dell'apertura *m* del tubo inferiore, laddove l'altra all'opposto lo ha più piccolo per poter entrar dentro: esse due piastre sono unite insieme col mezzo della vite *x* e della loro chiocciola *y*. Il pezzo di cuoio ha la coda *l* che le serve di cerniera, ed è stretto fra le staffe come d'ordinario.

128. Siffatta valvola dalla cerniera di cuoio si consuma presto in questa parte essenziale, e perciò vuole essere visitata e ristaurata spesso. Essa non chiude sempre esattamente il tubo, perchè il cuoio della cerniera diventando troppo flessibile, permette alla valvola di deviare cadendo.

VALVOLA A CERNIERA PROPRIAMENTE DETTA.
(tav. 10. fig. 8.)

129. Questa valvola è divisa in due parti rotonde *a* e *b*, che si aprono e girano intorno ad un asse continuato *c c*. Queste due parti, o valvole a cerniera sono situate nell'incastro *d d* appoggiandosi alle sue spoe.

Una sbarra *ff* attraversa il tubo ad una certa altezza sopra dell' incastro, e serve a mantenere le valvole quando sono alzate, in una situazione tale che ognuna possa cadere dalla sua banda tosto che debbono chiudere il tubo.

VALVOLA AD ASSE GIRANTE. (*tav.* 10. *fig.* 9.)

130. Il *Belidor* è l' inventore di sì eccellente valvola che per verità è di una esecuzione difficilissima, sebbene accoppii in se due vantaggi, l'uno di esser solida, e l'altro di ristringer meno che sia possibile il passaggio all' acqua ascendente.

131. Questa valvola è composta di un diaframma circolare e mobile sui cardini *aa*, il cui mezzo non passa pel centro, trovandosi lontano la dodicesima parte del diametro. I segmenti disuguali, onde è formata la valvola sono accompagnati dalle sponde inclinate *mn* in un modo opposto fra loro, affinchè quando è chiusa, la prima sponda che mette al più gran segmento, possa appoggiarsi dall' alto al basso sul labbro superiore *p* dell' orlo interno, e l'altra dal basso in alto contro il labbro inferiore *q* nei quali detta valvola dee imboccare perfettamente.

132. Allorchè lo stantuffo della tromba, alla quale è adattata questa valvola ricomprime dal basso in alto, l' acqua spinge le valvola verso tale direzione, ma con assai più forza contro il gran segmento che contro il piccolo, quindi la valvola si apre per collocarsi in una situazione verticale, e l' acqua passa liberamente dai due lati del diaframma senza incontrare ostacolo.

133. D' altra parte, tosto che lo stantuffo comincia a scendere, la valvola cessando di essere sostenuta dall' acqua che saliva, si chiude, strascinata dal proprio peso che agisce all' estremità del suo braccio di leva, senza alcuna opposizione che quella dell' attrito dei cardini; perciò la colonna dell' acqua che è al disopra appoggiandosi assai più sul gran segmento che sul piccolo, è impossibile che la valvola possa aprirsi da se stessa; al contrario quanto più il peso della colonna che sosterrà sarà grande, tanto meglio i labbri si appoggieranno sui loro orli interni.

STANTUFFI.

134. Si distinguono due sorta di stantuffi, i pieni, e quelli a valvola.

Un buono stantuffo, qualunque siasi la sua natura, deve adempiere le due condizioni seguenti:

1. Che il suo asse si trovi sempre verticale, malgrado l' obbliquità che possa ricevere il suo gambo nel moto trasmessogli dai bilancieri

o manovelle, per evitare ogni contrazione, e perchè non affatichino più da una parte che dall' altra la camera della tromba, o lo stantuffo.

2. Che il cuoio, o l' altra materia che genera l' adesione dello stantuffo colla superficie inferiore della camera della tromba siano talmente disposti che possono durare lungo tempo, ed abbiano la maggiore solidità possibile, onde evitare i frequenti ristauri doppiamente dannosi per la spesa, e per la sospensione del lavoro attivo ch' essi cagionano.

STANTUFFI PIENI.

135. Si conoscono tre spezie di stantuffi pieni, quelli a cuoio, a stoppa, e dalle pareti flessibili.

STANTUFFI A CUOIO.

136. Noi divideremo gli stantuffi pieni a cuoio in tre sottovarietà. 1. dalle striscie di cuoio distese, 2. dalla striscia flessibile, 3. dalle rotelle sovrapposte.

137. Lo stantuffo dalle striscie di cuoio disteso è il più comune, ed il più semplice. Questo stantuffo rappresentato dalla fig. 10. (*tav.* 10.) è di legno, ed ha la forma di due coni troncati eguali e simili che fossero stati uniti colla loro piccola base, ciascuno de' quali è vestito d'una striscia di cuoio tagliata diagonalmente al suo piano in direzione opposta.

138. Questo stantuffo è di poca spesa, ma dura poco, e non intercetta con tanta esattezza il passaggio dell' acqua fra le sue pareti e quelle della camera della tromba, principalmente nel caso frequentissimo in che il tubo non sia perfettamente levigato. Siffatto difetto ha dato origine allo stantuffo dalla striscia flessibile.

STANTUFFO DELLA STRISCIA FLESSIBILE
(*spaccato, elevazione*)

139. Questo stantuffo inventato da *Belidor* appare dalle fig. 8. e 9 (*tav.* 8.). Un cilindro di rame *a* concavo, e forato da buchi, coperto in cima dal piatto *b b* della stessa materia, ed ambidue fusi insieme colla sponda *c c*, servono di staffa per attaccare il cilindro ad un altro piatto *d d* somigliante al primo, con questa differenza ch' esso è forato in mezzo da un buco coperto da una valvola a conchiglia, e la linguetta della conchiglia è fermata fra la staffa *c c* ed il piatto.

140. Sul contorno di ciascun piatto è praticata una gola circolare *m m*, le cui estremità deggiono essere ritondate per ricevere gli orli

d'una borsa di cuoio di figura cilindrica, alla quale i piatti servono di fondo. Questa borsa è stretta da grossi fili impegolati a più rivolte, onde il cuoio resti compresso fortemente, in modo che il tutto formi un tamburo come alla figura.

141. Allorchè detto stantuffo agisce e discende, la pressione dell'acqua apre la valvola, ed entra nel tubo, distende il cuoio, lo comprime gagliardamente contro le pareti della camera della tromba, e lo sforza ad aderirvi perfettamente, malgrado che non sia appieno cilindrico. Così, questo stantuffo non può perder l'acqua, ma la sua superficie essendo intimamente congiunta a quella della camera della tromba, ne risulta un maggior attrito, ed il cuoio non può durar lungamente. Del resto la costruzione di tale stantuffo è difficile, e dispendiosa.

142. Si ottiene un effetto quasi simile a quello che produce questo stantuffo con un mezzo semplicissimo, il quale consiste in una corona di cuoio che circonda lo stantuffo, e vince di alcuni pollici la parte superiore di esso. Comprendesi da ciò che la colonna dell'acqua, di cui è pregno lo stantuffo, tende a dilatare la corona, ed a comprimerla vivamente contro la camera della tromba.

STANTUFFO A ROTELLE SOVRAPPOSTE. (*tav.* 10. *fig.* 1.)

143. Il corpo di questo stantuffo è composto di due cilindri di rame *a b*, della vite *c*, e dell'anello *d*, fusa ogni cosa insieme. Il diametro del cilindro *a* è di una linea, o di una linea e mezzo più piccolo che quello della camera della tromba, e il diametro del cilindro *b* è soltanto la metà del precedente.

144. Abbiasi un numero di rotelle di cuoio, il diametro delle quali debbe essere un poco più grande che quello della camera della tromba, e dopo di averle forate in mezzo con un buco del diametro eguale a quello del cilindro *b*, si collocano sul cilindro che serve loro di nucleo. Si battono prima a colpi di martello, dipoi s'infilano, e si premono le une contro le altre sopra tutta l'altezza del cilindro *b* aggiugnendosene qualcuna di più che si sostiene mediante la piastra di rame *m*, che essendo pure forata in mezzo, si assetta sulla parte *x*; finalmente si stringe, e si unisce tuttociò colla chiocciola *y* che si fa girare con forza. Terminata cotesta operazione, si pone lo stantuffo sul tornio per ridurre le rotelle allo stesso diametro della testa dello stantuffo, così il tutto forma un cilindro, la cui superficie è uniforme.

145. Questo stantuffo siffattamente apparecchiato introducesi senza difficoltà sino al fondo della camera della tromba, dopo di che vi si versa sopra dell'acqua; allora il cuoio si gonfia, tutte le rotelle si uniscono

contro la camera della tromba, e non lasciano alcun varco all'aria durante l'aspirazione, nè all'acqua mentre accade la ricompressione.

A misura che la superficie del cilindro di cuoio si consuma per l'attrito, il cuoio si distende al di fuori per gonfiarsi nuovamente. Il gambo è appiccato all'anello *p* in guisa che può giuocare liberamente, e lo stantuffo salendo e scendendo non è costretto a strofinar più da una parte che dall'altra.

STANTUFFO A STOPPA (*tav.* 10. *fig.* 11.)

146. Questo stantuffo impiegato in varie macchine a vapore, è composto di due piatti, l'uno *a* affatto rotondo, avente un diametro un poco più piccolo che quello della camera della tromba, l'altro *b* ripiegato in *cd*; talmente che tutti e due essendo sovrapposti stabiliscono fra loro un vuoto circolare *xx*, il quale si riempie di stoppa. Molte viti *cccccc* servono per accostare i due piatti che sono attraversati dal gambo *y* dello stantuffo.

I cuoi che guarniscono il circuito esterno degli stantuffi delle trombe, si consumano presto per l'attrito continuo a cui soggiacciono, e il loro rinnovamento è l'oggetto d'una spesa assai imponente nelle grandi imprese. Onde rimediare a tal difetto, furono immaginati gli stantuffi dalle listelle mobili. Essi sono di due sorta, in alcuni le listelle vengono spinte da molle, in altri dal peso dell'acqua.

STANTUFFI A MOLLE, ED A LISTELLE.

147. Le fig. 10 e 11 (*tav.* 7.) rappresentano il piano e lo spaccato di uno stantuffo composto di due parti, 1. d'un piatto *aa* al quale è adattato il gambo *bb*, e dove sono scavati due pertugi chiusi dalle valvole a cerniera *ee*; 2. di quattro listelle *ddddd*, ciascuna delle quali è spinta da una o due molle *mm* che le mantengono costantemente applicate sulla superficie interna del tubo della tromba. Quando questo tubo è di ferro, le listelle sono di ottone, e quando è di legno, sono di legno duro. Le listelle per non lasciar uscir l'aria si ricoprono alle loro estremità come si vede in *pppp*.

STANTUFFI DALLA CORONA FLESSIBILE (*tav.* 7. *fig.* 12. e 13.)

148. Le listelle mobili *aaa* sono tagliate obbliquamente, e disposte in maniera da ricoprirsi a vicenda per la metà quasi della loro larghezza.

Una corona circolare di cuoio *bbb* veste la superficie superiore delle listelle, serve a mantenerle, e per la sua flessibilità lascia loro il giuoco conveniente. Gli orli interni di cadauna delle giunture dei pezzi mobili, sono ricoperti due a due dalle strisce di cuoio *eee*. Altre strisce di cuoio *ccc* sono fermate da una parte con viti in incastri scavati sull' orlo del piatto inferiore dello stantuffo, e dall' altro in incastri obliqui praticati su di ogni listella.

149. Da tale disposizione risulta che lo stantuffo forma una specie di ciotola flessibile, e che quando sale caricato di una colonna d' acqua, siffatto peso allontana le listelle, facendole unire insieme e contro la parete della camera della tromba in modo di non lasciar uscire punto d' acqua, ed a produrre interamente l' effetto di uno stantuffo guarnito di cuoio; così queste strisce di cuoio non essendo esposte alle confricazioni deggiono durare moltissimo tempo.

150. Questo stantuffo ha una proprietà singolare, che le listelle non istrofinano contro la superficie interna della camera della tromba, se non quando sale lo stantuffo, (poichè allora sono spinte dal peso della colonna d' acqua elevata) non accostandosi quasi mai alla medesima superficie mentre scende lo stantuffo, il che gli attribuisce un vantaggio sugli stantuffi elastici. Si sono fatte in Germania delle sperienze con detto stantuffo, ma sembra essersi conosciuto che gli antichi stantuffi a guarnizione di cuoio descritti al num. (142) sieno preferibili.

STANTUFFI A VALVOLA.

151. Gli stantuffi a valvola sono quelli che hanno dei buchi, cui l' acqua attraversa per passare al di sopra. Questi buchi sono coperti da valvole a cerniera, le quali vengono chiuse dalla pressione del fluido quando sale lo stantuffo.

152. Una delle qualità che debbe avere un buono stantuffo si è, che i pertugi sieno grandi quanto mai si possa, senza nuocere peraltro alla sua solidità. Le valvole fia che si aprano con facilità, e si chiudano con esattezza.

153. Gli stantuffi sono di legno, o di bronzo. I primi non soffrono ampi pertugi, che gl' indebolirebbero. Hanno il difetto di gonfiarsi nell' acqua, e poscia di seccarsi, e ristringersi se la macchina si ferma per qualche tratto di tempo. La loro durata è corta, ma la loro costruzione è facile ed economica.

154. Gli stantuffi di bronzo durano più lungamente, ed ammettono vasti pertugi, le loro dimensioni non variano mai per l' umido, nè per il secco: eseguiti con maggior precisione cagionano meno attriti, sempre che la camera della tromba sia bene levigata.

STANTUFFI DI LEGNO.

155. Gli stantuffi di legno sono come un tronco di cono rovesciato, guerniti di cerchi di ferro impostati nel legno.

156. Alcuni, secondo la (*tav.* 10. *fig.* 15.), hanno un sol buco nel centro chiuso da una valvola a cerniera di cuoio, coperta da una lastra di metallo. L'estremità del gambo ha due rami a foggia d'arco per lasciar il libero moto alla valvola.

157. Altri (*tav.* 10. *fig.* 16.) hanno più buchi disposti in cerchio attorno ad un pertugio quadrato forato nel centro. Esso pertugio serve per l'inserzione dell'estremità del gambo, laddove gli altri concedano il passo all'acqua. Un piatto circolare di cuoio copre detto stantuffo. Questo piatto, che è forato in mezzo per introdurvi l'estremità del gambo, è formato di tre o quattro tavolette di cuoio cucite insieme, e conciate prima con sego caldo, ovvero di una sola tavoletta di pelle d'ipopotamo. Egli è forato nel mezzo per introdurvi il capo del gambo. Sopra d'uno de' suoi diametri si adatta una riga di metallo, ed il gambo è trattenuto alla parte inferiore dello stantuffo da una vite.

158. Questo gambo *a* è biforcato per ricevere l'estremità della parte superiore che è di legno, e viene fermata da tre cavicchie di ferro.

Verso la cima dello stantuffo è fissata la corona di cuoio *m* di due pollici e mezzo di altezza sopra quattro o cinque linee di grossezza, la quale è composta di molti cuoi cuciti insieme, e strofina contro le pareti della camera della tromba. Allorchè lo stantuffo sopporta una forte colonna d'acqua tende ad ampliare la corona di cuoio che sormonta lo stantuffo, e l'obbliga ad intercettare esattamente ogni passaggio all'acqua fra lo stantuffo, e le pareti della camera della tromba.

STANTUFFI DI BRONZO (*tav.* 10. *fig.* 13.)

159. Il corpo dello stantuffo è formato del vaso di bronzo *a a* che ha la figura d'un cono rovesciato colla piccola sponda *c c*. Il vaso è attraversato nella parte superiore da una sbarra, e da un'altra simile e parallela nella parte inferiore. In queste sbarre sta infilato il gambo *x*, cui trattengono tenacemente.

160. Sulla superficie esterna del vaso è adattata una striscia di cuoio *m m* circondata in fondo da un cerchio di ferro impostato nella grossezza del cuoio.

161. Lo stantuffo è coperto della tavoletta di cuoio *p* che fa le veci di valvola, ed è fortificata da piastre di latta, o di rame costrutte come

i segmenti di circoli; quelle di sopra hanno un diametro maggiore che la camera della tromba, dove per lo contrario quelle di sotto sono più piccole; il cuoio e le piastre sono unite e strette fra loro col mezzo di quattro viti.

162. Cotesta valvola a cerniera si adatta sul vaso, per modo che il mezzo sia collocato sulla sbarra che attraversa la parte superiore di detto vaso, e per congiugner tutto insieme, si pratica la croce di ferro *nnn* che serve a un doppio uso, l'uno per tener ferma la valvola, e l'altro per aggiustarsi col gambo dello stantuffo.

STANTUFFO SENZA ATTRITO (*tav.* 10. *fig.* 12.)

163. *Denisart*, e *Dueille*, a cui siamo debitori della macchine a colonna d'acqua di che ci occuperemo bentosto, hanno inventato uno stantuffo assai ingegnoso mediante il quale eglino sono pervenuti a sopprimere gli attriti che nelle trombe comuni assorbiscono una parte ragguardevole della forza motrice.

Questo stantuffo è composto di un piatto rotondo *yy*, il diametro del quale è più piccolo che quello della camera della tromba. Esso piatto si applica sopra d'uno, o più gran cerchi di cuoio; quando un solo non è abbastanza forte, il cuoio sopravanza tutto all'intorno, e la sua pereferia è fissata nella fenditura *xx* in guisa per altro che il piatto possa abbassarsi ed alzarsi ad un certo grado.

164. Siffatto stantuffo forma una spezie di borsa, le cui parti laterali sono flessibili, potendosi alzare, ed abbassare il fondo senza ostacolo.

In mezzo al piatto *yy* evvi il pertugio *m* coperto d'una valvola a cerniera. Il manico di ferro *p* serve per unire lo stantuffo al gambo *q*.

165. Cotesto stantuffo non può percorrere che uno spazio limitatissimo, talmente che se fa mestieri innalzare una quantità d'acqua considerabile, non è atto a far ciò senza che gli sia dato un gran diametro: giacchè sappiamo che in una tromba qualunque, lo sforzo da esercitare è sempre in proporzione della superficie dello stantuffo, comunque sia altronde il diametro degli altri tubi.

Bisogna che il gambo di questo stantuffo passi nel tubo salente, il che impedisce con tale stantuffo di elevar l'acqua ad un'altezza notabile.

166. Si potrebbe impiegare con profitto nei casi ove senza inconveniente è dato di rendere le alzate dello stantuffo piccole e frequenti, e dove l'acqua non dee giugnere che ad una modica altezza.

167. L'Accademia delle Scienze approvò *una lucerna per le trombe*

come quella di *Carecel*, nella quale è stata fatta una maestrevole applicazione di questo stantuffo (*a*).

STANTUFFO DI GETTO *Belidor* (*tav.* 10. *fig.* 14.)

168. Questo stantuffo che si addice ad una tromba di gran dimensione, ed è uno dei più solidi, e dei meglio combinati che si possono ideare.

169. Il corpo dell'indicato stantuffo è composto di un recipiente di metallo *a a* che serve di nucleo ad un numero di rotelle di cuoio *b b*. La parte infima di esso recipiente è tagliata a vite per combinarsi coll'anello *c c* servendo da chiocciola, e per istringere le rotelle quanto mai si possa.

170. La cima del recipiente è terminata dalle due orecchie *d d* forate per ricevere la cavicchia di ferro *e e*, ad oggetto d'infilare la forca *f*, il cui manico *m* non è altro che il gambo dello stantuffo, il quale può liberamente giuocare intorno alla sua cavicchia; così quando lo stantuffo sarà situato nella camera della tromba, e i bilancieri, o manovelle faranno uscire il gambo dalla direzione verticale, lo stantuffo vi si manterrà ciononostante, e lascerà assumere al gambo le obliquità, cui l'azione della macchina può far nascere, senza che lo stantuffo ne riceva alcuna contrazione. La valvola di questo stantuffo è ad asse girante (130).

171. Le rotelle di cuoio essendo adattate le une sopra le altre, comporranno insieme un corpo senza paragone più solido che se vi fosse intorno al recipiente una striscia secondo l'usato, perchè il cuoio resiste maggiormente per il taglio, che per la superficie; d'altronde a misura che il cuoio si consuma per l'attrito, le parti contigue saranno spinte fuori dalla compressione della chiocciola *c c*.

CAPITOLO III.

Macchine idrauliche per compressione d'aria.

172. Se in un vaso chiuso versasi dell'acqua col mezzo d'un tubo lungo e stretto, e se l'aria contenuta nel vaso non può uscire, l'acqua introdotta deve evidentemente comprimere, e condensare quell'aria, e comunicarle una forza elastica tanto grande, quanto più forte ne sarà

(*a*) Questa lampada è del sig. *Gagneau*, lattaio, strada S. Dionigi rimpetto a S. Luigi.

sarà stata la compressione. Questa forza elastica, la cui gagliardia dipende dall'altezza del tubo, può agevolmente essere impiegata nell'elevazione di una certa quantità d'acqua, basta perciò collocare un altro vaso sul primo, ottener la comunicazione fra loro col mezzo di un tubo, e stabilire sul secondo vaso un tubo ascendente. Tale è il meccanismo addimostrato dalla fig. 2 *(tav. 2.)* ove le lettere *a* e *b* indicano i due vasi, *c c*, il tubo cui l'acqua motrice attraversa, *d* il tubo di comunicazione, ed *f* il tubo ascendente.

173. L'acqua versata nel tubo *c c* comprime l'aria racchiusa nei vasi *a* e *b* (poichè tutte e due corrispondono insieme coll'intermezzo del tubo *d)*; l'aria così compressa reagisce sull'acqua del vaso *b* e la sforza a salire nel tubo ascendente *f*.

174. Onde si rinnovi il sopradescritto effetto, ed una recente quantità d'acqua s'innalzi nel tubo *f*, conviene 1. interrompere la comunicazione fra il tubo *c c* ed il vaso *a*; 2. far uscir l'acqua contenuta in esso vaso, introducendovi l'aria; 3. somministrare una nuova quantità d'acqua al vaso *b*; si ottengono questi tre effetti aggiugnendo al vaso *a* i due piccoli tubi *m n* corredati dei loro rubinetti, l'uno de' quali offre un libero passaggio all'acqua, e l'altro ammette l'aria; il tubo *p* porge l'acqua al vaso *b*, ed il rubinetto *x* intercetta la comunicazione fra il vaso *a*, e l'acqua motrice del tubo *c c*. La fig. 4. mostra un analogo meccanismo.

175. Tale meccanismo, il cui modello scorgesi nella fontana di *Erone*, e che debbe il suo nome a questo filosofo greco che n'è l'inventore, è stato imitato in un gran numero di fontane deliziose, molte delle quali veggonsi descritte nell' opera di *Salomone di Caus;* noi ci riserbiamo a farne conoscere le più curiose. (*Trattato delle macchine teatrali, e dilettevoli.*)

176. Si trova nell'opera di *Salomone di Caus* da noi citata, l'indicazione della prima macchina per compressione d'aria destinata ad alzare un ammasso considerabile d'acqua; ma sembra che *Holl* sia il primo che ne abbia realmente costrutto.

MACCHINA DI *HOLL* PER COMPRESSIONE D'ARIA, (*tav.* 12. *fig.* 1.)

177. *a* è un serbatoio mantenuto sempre pieno da una corrente d'acqua, d'onde parte il tubo *b b* che ha 138 piedi di altezza perpendicolare, e termina nel fondo di un serbatoio ben chiuso *d*; un altro tubo *h h* parte da questo serbatoio e va a finire in un secondo serbatoio egualmente chiuso *i*, che comunica con un gran serbatoio aperto *l* per mezzo del

tubo *k*, ricevendo quest'ultimo serbatoio le acque che deggiono essere innalzate; finalmente un altro tubo *nn* di 96 piedi di altezza perpendicolare parte dal serbatoio *i*, per il qual tubo sale l'acqua, cui la macchina diffonde.

178. Questa macchina ha 6 rubinetti. Supponiamo che si voglia farla agire, e che tutti i rubinetti sieno chiusi, che il tubo *bb* sia pieno d'acqua sino al rubinetto *c*, come pure il serbatoio *l*, la cui acqua trattasi d'innalzare sino in *o* a 96 piedi di altezza. Ora si aprono da prima i due rubinetti *k* ed *m*, e l'acqua del serbatoio *l*, entra nel cilindro *i*, vi scaccia l'aria contenuta trovando uno sfogo pel piccolo tubo *p*; si conosce che il cilindro *i* è pieno, quando l'acqua esce pel tubo *p*; immantinente si chiudono i due rubinetti *k* ed *m*, per togliere la comunicazione fra i due serbatoi *i* ed *l*; dopo ciò, si aprono i rubinetti *c* e *g*, e l'acqua del tubo *bb* entra allora nel fondo del serbatoio *d*, e comprimendo l'aria che vi è raccolta, la costringe ad entrare nel tubo *hh*, d'onde parte per andar a comprimere l'acqua del serbatoio *i*, sforzandola a salire nel tubo *nn*. Elevata così quest'acqua, si chiudono i rubinetti *c* e *g*, il primo perchè per esso non possa più venir acqua esterna dal serbatoio *a* in quello *d*, il secondo affinchè l'aria non abbia modo di fuggire. Si aprono i rubinetti *e* ed *f*, per lasciar correr l'acqua del serbatoio *d*, e farvi rientrar l'aria pel piccolo tubo *f*; dopo che l'acqua è uscita, si chiudono i due rubinetti; si aprono un'altra volta i rubinetti d'abbasso *k* ed *m*, ed allora una nuova quantità d'acqua sale nel tubo *nn*, e così di mano in mano.

179. (*a*) Questa macchina impiega tre minuti circa ogni volta che fa innalzar l'acqua, e ad ogni minuto ne somministra 29 in 30 piedi cubi; ci vogliono due uomini per dirigerla, l'uno situato presso al serbatoio *d* per aprire e chiudere i rubinetti *c*, *g*, *e*, *f*, e l'altro presso al serbatoio di sotto pei rubinetti *k* ed *m*. Quando questa macchina agisce senza interruzione, innalza in 24 ore dalla profondità di 96 piedi, circa 12, o 13,000 piedi cubi d'acqua esterna.

180. Siffatta macchina è di piccolissimo mantenimento, poichè non c'è luogo a fare alcuna di quelle spese ch'esigono le altre macchine per cuoi, untume, viti, e chiocciole, cui bisogna sempre rinnovare. Essa è utile nei luoghi ove non si dee innalzar l'acqua che ad un'altezza di 50 a 60 piedi, e dove ce n'ha poca al di fuori, e trovasi una caduta più grande della profondità di quella che conviene innalzare. Non occorrono che tre piccolissimi serbatoi per radunare le acque tanto esterne che

(*a*) *Jars*, Viaggi Mettallurgici tom. 2. p. 157.

interne, il che non può aver luogo nelle macchine a ruote, neppure in quelle ove s' impiegano le trombe. Ma se si tratta d' innalzar l' acqua ad un' altezza maggiore che quella della caduta primitiva, tanto sotto al primo livello che ad una più cupa profondità, o che la caduta primitiva sia troppo corta, o l' altezza richiesta troppo ampia, è preferibile una macchina a colonna d' acqua.

181. *Jars* ha osservato che qualora la macchina è sul fine della sua operazione, cioè quando l' acqua del serbatoio inferiore è stata alzata; se apresi il rubinetto per dar passaggio all' aria compressa, e che si presenti alla sua imboccatura un cappello, o berretta da minatore, i vapori acquei sparsi nell' aria compressa, sono condensati sul cappello come ghiaccio candidissimo, e ben compatto, molto somigliante alla grandine, e che difficilmente si distacca, e si liquefà assai presto, la qual cosa non reca meraviglia, poichè il luogo ov' esso si forma, è temperato. Lo stesso fenomeno accade in tutte le stagioni.

182. Si potrà valutare sino a qual punto l' aria è compressa, ponendo mente che sostiene una colonna del valore di 1206 piedi e 8 pollici cubi d' acqua, che pesano 84,466 libbre.

183. Alcuni artefici hanno immaginato degli espedienti per aprire e chiudere i rubinetti di questa macchina col mezzo di *regolatori* dipendenti dal giuoco stesso della macchina, ed evitar così la soggezione d' impiegare due uomini in cotest' opera. Fra i metodi proposti, si distinguono quelli de' signori *Boswel* e *Goodwin*.

MACCHINA PER COMPRESSIONE D' ARIA MODIFICATA DAL SIGOR *BOSWEL* (*tav.* 12. *fig.* 2.)

184. La macchina di *HOLL*, cui abbiamo descritta, ha il difetto d' esigere l' azione di due uomini, l' unico impiego de' quali si è quello di aprire, e chiudere i rubinetti. I signori *Goodwin*, e *Boswel* hanno ideato dei metodi per rimediare a tal difetto, adattando alla macchina dei regolatori, cui il moto stesso della macchina porrebbe in azione. E poichè i metodi di questi due meccanici che dipendono dal medesimo principio sono quasi simili, noi non esporremo che quello del signor *Boswell*.

185. Il regolatore del sig. *Boswell* è composto: 1. del vaso *a* aperto in cima, e collocato sul recipiente intermedio B. Esso vaso riceve per mezzo del tubo *o* una porzione d' acqua della sorgente, la quale è destinata ad aprire, e chiudere i rubinetti. Il tubo *o* ha il rubinetto *l* che si apre e chiude alternatamente, e l' altro *m* sempre aperto, che serve a regolare il dispendio dell' acqua.

186. Il rubinetto *l* è unito al rubinetto *c* del gran tubo *x x* in forza di una catena che serve ad aprirli e chiuderli nel tempo stesso per l'azione dei due pesi *p* ed *r*, il primo costante, e l'altro variabile.

187. *r*, è un vaso che si empie col sifone *t t*, il quale s'attuffa nel vaso superiore *a*, e versa l'acqua per l'altro sifone *z* nel vaso inferiore *s*; quest'ultimo vaso comunica per un regolo col rubinetto *e* aprendolo quando scende; esso vuotasi mediante il rubinetto sempre aperto *γ*, che regola il dispendio dell'acqua. Tale è il regolatore del sig. *Boswell*.

188. Aggiungasi a ciò, che il recipiente inferiore C, il quale nella prima macchina non comunica coll'acqua da innalzare se non per un tubo, è in questa totalmente immerso nell'acqua, e si riempie col mezzo d'un orifizio armato della valvola *k* che apresi dall'alto al basso.

189. Per comprendere il giuoco della macchina, si supponga il gran recipiente B pieno d'aria, e il rubinetto *e* aperto; il peso dell'acqua da innalzare, aprendo la valvola *k*, riempie il recipiente C, d'onde l'aria fugge pel tubo *h h*, ed esce pel rubinetto *e*; allora chiudendo questo rubinetto, il peso *p* scende: i rubinetti *l* e *c* si aprono, l'acqua del serbatoio A esce nel medesimo tempo dall'orifizio *f* per empiere il vaso *a*, e dal tubo *x x* per empiere il recipiente B, quindi l'aria di esso recipiente comprimendo l'acqua del recipiente C, la costringe ad aprir la valvola *n* per sollevar l'acqua nel tubo sagliente O. Quando il vaso *a* ed il recipiente B hanno ricevuta tutta l'acqua necessaria; un galleggiante F posto in quest'ultimo chiude l'orifizio *g* pel tubo *q q*, e l'acqua del vaso *a* cade dal sifone *t t* nel vaso *r*, il cui peso diventa perciò tanto forte da strascinare il contrapeso *p* ed obbligare i rubinetti *l* e *c* a chiudersi. L'acqua del vaso *r* cade nel vaso *s* in virtù del sifone *W*, e questo vaso che discende nel medesimo tempo che quello *r* fa girare il gambo del rubinetto *e*; finalmente il rubinetto *γ* sempre aperto, non versa che la quantità d'acqua occorrente per conservare al vaso *s* l'eccesso del peso che tiene il rubinetto *e* aperto.

190. Frattanto che l'acqua del gran recipiente B corre per l'orifizio del tubo *d*, la valvola *n* stretta dalla colonna dell'acqua che sostiene, si chiude; l'aria compressa nel tubo *q q* si dilata incalzando ciò non ostante l'acqua del recipiente B, di cui ne affretta lo scolo; in quel mentre la valvola *k* si apre, e il recipiente C empiesi d'acqua. Il recipiente B, ed il vaso *a* si vuotano nel medesimo istante, e tosto che il sifone *t t* non somministra più acqua al vaso *r*, esso, ed il suo vaso inferiore *s*, perdendo l'eccesso del peso che determinato aveva la chiusura dei rubinetti *l* e *c*, il contrapeso *p* scende nuovamente, ed apre un'altra fiata questi stessi rubinetti; i recipienti B ed *a* si riempiono allora, e tornano in campo gli stessi effetti.

CAPITOLO IV.

Delle macchine a sifone.

SIFONE SEMPLICE (*tav.* 13. *fig.* 3.)

191. Il sifone semplice non è che un tubo ricurvo aperto alle due estremità. L' uno dei due bracci del sifone più corto s'immerge nell' acqua, o in qualunque altro fluido. Se per qual siasi mezzo si vuota l' aria contenuta nel sifone, salirà il fluido dentro di esso, riempiendolo totalmente.

192. Si sono fatte alle macchine molte importanti applicazioni di questo strumento assai noto. Noi indicheremo quelle che ci sono sembrate più curiose, cominciando dalle belle invenzioni del sig. *Manoury-Dectot*, nelle quali questo ingegnoso artefice ha saputo impiegare il sifone in una maniera nuova e felice.

MACCHINE DEL SIGNOR MANOURY-DECTOT

Rapporto fatto all' istituto da Carnot.

193. *Il problema generale che l' autore si è proposto nella sua costruzione di queste macchine idrauliche è il seguente. Data una caduta d' acqua, innalzarne una porzione sopra il serbatoio col mezzo d' una macchina, le cui parti tutte sono assolutamente stabili, e per conseguenza non comprende nè ruote, nè leve, nè stantuffi, nè valvole, nè altra specie di pezzi mobili.*

194. *Il sig.* Manoury *è giunto a sciorre questo problema creduto a primo aspetto impossibile, ed in molte maniere, le quali non hanno nulla di comune fra loro: i fatti confutano tutte le obbiezioni, e la teoria, a cui non è dato di prevedere la verità, la conferma per lo meno sempre, e serve ordinariamente a generalizzarla.*

195. *Malgrado la sorprendente varietà delle macchine proposte dal signor* Manoury *e la complicazione assai vasta di alcune di esse, si riconosce paragonandole con diligenza, che non sono tutte che combinazioni diverse dei tre mezzi principali impiegati insieme, o separatamente, e che sono indicati dall' autore sotto le tre denominazioni di sifone intermittente, d' idreòlo, e di colonna oscillante.*

1. *SIFONE INTERMITTENTE*

196. *Il sifone intermittente è conosciuto in fisica: con questo mezzo si vuotano le fontane dette reciproche ogni volta che il loro serbatoio si trova pieno d' acqua piovana, o in altra guisa sino all' altezza superiore a tal sifone. Allora l' acqua prende a correre pel braccio più lungo, e quella del serbatoio se n' esce sino a tanto che la superficie sia al livello del pertugio del braccio più corto, ma ciò che è nuovo nel meccanismo del sig.* Manoury *egli è, il partito che ha saputo trarre da questo sifone intermittente per farne il principio di varie macchine, nelle quali non entra alcun pezzo mobile, ma per altro innalzano l' acqua al disopra del serbatoio.*

197. *Per comprendere questo intermittente effetto, basta supporlo applicato, per esempio, al la fontana di compressione ordinaria, detta fontana di Erone. Sappiamo che questa fontana è composta di due capacità chiuse collocate l' una sopra l' altra, e separate da un diaframma. Introducendo l' acqua nella sua capacità inferiore per un tubo, che viene dal serbatoio, l' aria della quale prende insensibilmente il posto, si comprime a poco a poco in questa capacità, e nell' istesso tempo nella capacità superiore, col mezzo d' un tubo di comunicazione stabilito dall' una all' altra. Allora l' acqua racchiusa nella capacità superiore, si trova essa pure compressa, e scaturisce da un tubo al di sopra del serbatoio.*

198. *Ma la compressione dell' acqua non esistendo che per causa della compressione dell' aria originata dalla quantità dell' acqua intromessa nella capacità inferiore, cessa tosto che tal capacità essendo empita d' acqua, l' aria che n' è stata espulsa, ha perduta la sua elasticità per la sua dilatazione nella capacità superiore. Se dunque vogliamo che si rinnuovi cotesto effetto, bisogna riordinare le cose nel loro primiero stato, vuotando un' altra volta la capacità inferiore dell' acqua che vi si è introdotta.*

199. *Ora appunto è siffatta operazione di vuotar la capacità inferiore dopo che ha prodotto il suo effetto, cui il sig.* Manoury *eseguisce col suo sifone intermittente. Questo sifone essendo adattato alla capacità inferiore, la vuota tutto ad un tratto, subito che l' acqua che vi perviene dal serbatoio, tocca la parte superiore del sifone; allora l' aria viene a riprendere il suo posto, e le cose si trovano nel medesimo stato in che erano prima del giuoco della macchina, la quale si rimette da se stessa per l' effetto della caduta data dell' acqua senza che v' abbia nelle parti solide che la compongono alcun pezzo mobile. Dobbiamo dunque ripetere questo meccanismo per una*

serie di fontane simili poste per piani le une sopra le altre, onde innalzar l'acqua a quell'altezza che tornerà a grado, mediante una perdita proporzionata a quella che provasi col sifone intermittente. Ecco ciò che opera il sig Manoury *in una di queste macchine, che non è in realtà se non l'unione di molte fontane di compressione, comunicando tutte insieme in vicinanza, per modo che ciascuna diventa il recipiente di quella che è collocata immediatamente sopra; e tutte sono ad un tempo poste in giuoco da un solo sifone intermittente adattato alla capacità inferiore della fontana più bassa.*

200. *È facile il comprendere che il sifone intermittente può essere applicato del pari a molte altre macchine per rianimarle, quando hanno prodotto un primo effetto, e farne loro produrre in cotal guisa periodicamente; così il sig.* Manoury *varia le sue applicazioni.*

2. *IDREOLO*

201. *L'autore attribuisce il nome d'idreolo alle macchine, in cui impiega un mescuglio d'acqua, e d'aria per far salire il primo di questi fluidi al disopra del suo naturale livello. Questo mezzo consiste nel porre in equilibrio due colonne; l'una d'acqua pura, e l'altra d'acqua mescolata coll'aria; quest'ultima avendo un peso specifico più piccolo della prima, non può evidentemente contrappesarla che in grazia d'un'altezza maggiore, d'onde segue che la colonna mescolata, deve innalzarsi al disopra del serbatoio, e per conseguenza portar l'acqua cui contiene sopra il suo naturale livello.*

202. *Il signor* Manoury *opera il suo mescuglio in una maniera assai energica; egli non si contenta d'introdurre un volume d'aria nell'acqua, ma vuole eziandio che questo volume sia prima d'ogni altra cosa diviso in una moltitudine di piccole bolle, le quali stando fra le particelle dell'acqua, vi sieno separate, e trattenute dall'adesione di queste particelle, per modo ch'esse non si distacchino che lentamente, e non si riuniscano per dileguarsi, se non quando è stato ottenuto il servigio che se ne aspettava.*

203. *L'autore distingue due sorta d'idreoli, l'idreolo per succhiamento, e quello per pressione.*

Allorchè una colonna d'acqua si move nell'aria, ne strascina seco una porzione tanto per l'aderenza dei due fluidi l'uno per l'altro, quanto perchè formasi intorno alla colonna dell'acqua una specie di vuoto, verso cui l'aria ambiente si precipita per un effetto dimostrato dalle belle sperienze del signor Venturi; *si deduce da ciò che l'acqua attraversando un cumulo d'aria, ne assorbisce una parte, e diventa*

in certo modo gazzosa, e questo è quello che il sig. Manoury *chiama idreolo per succhiamento.*

204. *Se al contrario si suppone che un volume d' aria sia spinto con forza in una massa d' acqua da un mantice, o in altra guisa, e che tal volume d' aria penetrando nell' acqua vi si trovi diviso in un gran numero di bollicelle col mezzo di traffile assai piccole, per le quali sarà stato costretto a passare, il mescuglio che ne risulterà, è ciò che il sig.* Manoury *chiama idreolo per pressione, poichè realmente è per una forte compressione d' aria ch' esso volume è sforzato ad entrare, e a diffendersi in tutte le parti della massa del fluido.*

205. *Nell' uno e nell' altro di questi idreoli, l' acqua divenuta gazzosa, si trova più leggiera che l' acqua pura, e conseguentemente atta a salire più alto del serbatoio. Tale è la base del secondo mezzo proposto dal signor* Manoury *che ne varia le applicazioni, delle quali ne indicheremo alcune.*

206. *Immaginiamoci un serbatoio, nel di cui fondo sia adattato un tubo ricurvo, e il cui braccio curvo s' innalzi più alto del serbatoio. Nello stato suo naturale, l' acqua si porrà a livello tanto nel serbatoio che nel tubo.*

Supponiamo ora che verso la metà della lunghezza del tubo se ne fori la parete, e che vi si adatti la canna di un mantice, il quale vi spinga l' aria a forza, non a piena corrente, ma per interposizione d' una piastra forata da un gran numero di piccoli buchi, onde dividere il volume dell' aria; quest' aria penetrerà allora nella massa dell' acqua in forma di minutissime bollicelle, e l' adesione delle particelle dell' acqua fra loro tenendo separate coteste bollicelle, l' acqua del tubo diverrà perciò gazzosa al di sopra del pertugio fatto nella parete, e specificatamente più leggiera che l' acqua del serbatoio, salirà ancora in esso tubo sopra detto serbatoio, e potrà entrare in questo medesimo serbatoio o in un altro più elevato del primo. Ma l' oggetto del sig. Manoury *non sarebbe perfettamente adempiuto, se egli non fosse giunto a surrogare al mantice, che è un pezzo mobile, un altro mezzo semplicissimo.*

207. *L' autore fa derivare dal suo serbatoio un' altra colonna d' acqua che cade mediante un nuovo tubo in una capacità chiusa; a misura che l' acqua la riempie, l' aria vi si comprime; ed è appunto quest' aria compressa che essendo riportata da un altro tubo al pertugio della parete del primo, fa le veci del mantice insino a tanto che la capacità chiusa essendo riempita d' acqua, l' aria ne sia affatto consumata. Ma cesserebbe tosto l' effetto se non si vuotasse la capacità chiusa per ristabilire le cose nel loro pristino stato, il che dal sig.* Manoury

è eseguito con un sifone intermitettente simile a quello cui abbiamo già descritto. (*a*)

208. *Ecco un' altra applicazione dell' idreolo.*

L' autore comincia col trarre dal suo serbatoio un getto d' acqua che s' innalza per l' ordinarie leggi dell' idraulica un poco meno alto di detto serbatoio a cagione degli attriti. Nel centro del tubo di tal getto d' acqua termina una corrente d' aria prodotta come abbiamo spiegato di sopra, da una seconda colonna d' acqua originata dallo stesso serbatoio. Ecco quello che accade allora; l' acqua e l' aria si confondono insieme all' uscir del tubo, ed il getto gl' innalza tutto ad un tratto assai più alti che il serbatoio. Dovevamo aspettarci cotesto effetto dietro a quanto abbiamo esposto precedentemente, ma ciò che vi ha di singolare, si è il rumore cagionato dall' urto delle particelle dell' aria contro quelle dell' acqua all' uscir del tubo. Questo rumore è un suono che si accosta all' armonica, sebbene meno dolce. Se veniamo ad interrompere il corso dell' acqua pel tubo, l' aria ch' esce da se sola, non produce che un fischio comune.

3. *COLONNA OSCILLANTE.*

209. *Il terzo mezzo ideato dall' autore per innalzar l' acqua d' un serbatoio al di sopra del suo naturale livello, è ciò ch' egli nomina colonna oscillante. Esso è anche dei tre mezzi principali quello che è sembrato ai commissari dell' Instituto il più recente, per non conoscersi nulla che abbia potuto suggerirne l' idea principale; del resto è di un' estrema semplicità, poichè tutto il meccanismo si riduce ad un tubo adattato ad un serbatoio, ed interrotto verso la sua parte inferiore. Questa interruzione di continuità nel tubo, fa sì che si vede con sorpresa salir l' acqua al disopra del serbatoio senza che sia aggiunto alcun altro pezzo alla macchina.*

210. *Per ispiegare un tal fenomeno, immaginiamoci un sifone rovesciato, cioè a dire, i cui rami abbiano le loro aperture in alto. Se facciamo correre una palla contro di essi rami senza imprimerle niuna primaria velocità, è chiaro che in forza di quella che debbe acquistare nella sua caduta, risalirà nell' altro ramo alla stessa altezza d' onde è partita nella prima, e tranne l' attrito, questa palla continuerà*

(a) La *fig.* 3. *tav.* 11, rappresenta un idreolo. — *a*, serbatoio ove l' acqua l' innalza, — *b*, tubo salente in cui si forma il mescuglio dell' acqua e dell' aria, — *d* tromba o motrice idraulico. (Vedi il *Trattato della composizione delle macchine*), 914 e seguenti.

ad oscillare dall' uno all' altro ramo, risalendo sempre in ciascuno di essi alla medesima altezza.

211. *Ma se, dopo partita la prima palla ne facciamo correre appresso un' altra simile, la prima palla s' innalzerà nel secondo ramo ad un' altezza maggiore di uella da cui è discesa, e la seconda ad un' altezza minore. In fatti, egli è il centro di gravità del loro sistema; cioè il loro punto di eventualità, che dee risalire all' altezza del punto della partenza, e così successivamente se ve ne fosse un più gran numero.*

212. *Ciò dimostra, che l' acqua versata in uno dei rami d' un sifone dee innalzarsi maggiormente nell' altro ramo, se si continua a versarne nel primo. Frattanto, siccome essa non potrebbe innalzarsi indeffinitivamente nel secondo, arriva il termine, ove comincia a ricomprimere la colonna inferiore, ed a rispingerla nel primo ramo. Questo effetto si può valutare agevolmente col principio della conservazione delle forze vive; poichè risulta che nell' istante in cui la colonna diventa stazionaria per poscia retrocedere, il centro di gravità della massa dee precisamente trovarsi all' altezza dell' apertura del primo ramo del sifone, essendo perciò che tutta l' acqua è stata introdotta, e che è supposta senza moto acquistato nell' atto della partenza.*

213. *Ma giusta lo stesso principio, se nel momento in che l' acqua è stazionaria, si venisse a sottrarne, o ad annichilire la piccola porzione del fluido che trovasi nella parte infima del sifone, cioè nel luogo della curva, dove questo sifone è orizzontale, essa porzione di fluido non essendo animata da alcuna forza viva, nè attuale, nè potenziale, la somma delle forze vive della massa totale non ne sarebbe alterata, ma troverebbesi distribuita in una massa minore.*

214. *Supponiamo che si continui a versar dell' acqua nel primo ramo del sifone, questa recente quantità di fluido apporterà una nuova somma di forze vive alla massa; se ad ogni oscillazione pertanto si sottrae una parte innanimata di fluido, mentre che da un altro canto se ne introduce del nuovo caricato di forze vive, l' intera somma di esse forze crescerà ognora, quantunque la massa totale rimanga la stessa; l' ascensione quindi nel secondo ramo aumenterà grado a grado indeterminatamente.*

215. *La difficoltà si riduce dunque a sottrarre la porzione competente del fluido che trovasi nella parte inferiore del sifone, allorchè il fluido è stazionario, e ciò senza far uso di valvole, nè di altri pezzi mobili qualunque; ora questo è quello che il signor* Manoury *ottiene con un modo estremamente semplice, stabilendo nella parte bassa del sifone una piccola interruzione di continuità fra i due rami di questo stesso sifone.*

216. *Quando l' acqua è animata da un moto rapido d' oscillazione nel sifone, non potrebbe trovar sfogo per questa apertura, perchè tal moto acquistato le fa superare un sì tenue intervallo; ma tosto che l' acqua diventa stazionaria, esso moto acquistato non essendo più, la porzione del fluido che corrisponde col piccolo pertugio se ne va via; e ciò precisamente è quello che debbe accadere, onde la macchina produca il suo effetto senza perdimento delle forze vive, come abbiamo spiegato testè.*

217. *Per evitare ancora con maggior sicurezza la perdita dell' acqua, prima che sia giunta al riposo, il sig.* Manoury *termina in un cono troncato l' estremità inferiore del primo ramo del suo sifone, il che cagiona una contrazione alla vena fluida che n' esce, determinandola ad entrar tutta nel secondo ramo.*

218 *Questo singolare effetto è più facile a spiegarsi che a prevedere, ma l' esito ha renduto giustizia al delicato tentativo del signor* Manoury. *Si comprende però che ci vorrà del tempo, e delle prove per ottenere da siffatto principio una vantaggiosa macchina.*

Se chiudesi il secondo ramo del sifone in alto col mezzo d' una piastra, lasciando unicamente in essa un pertugio, la colonna dell' acqua che sale per le sue oscillazioni in questo secondo ramo, trovandosi ad un tratto fermata dalla piastra in alto, genera la scossa ordinaria dell' ariete idraulico. La forza viva è distrutta in parte dall' urto, e il rimanente passa nel filetto d' acqua, che è vibrato ad una altezza considerabile. Cotesto effetto, il quale è simile a quello della macchina di Montgolfier *non toglie che l' una non sia essenzialmente dissimile dall' altra, imperciocchè quest' ultima non può liberarsi dalle sue parti mobili, quali sono le valvole, laddove la colonna oscillante del sig.* Manoury *non ne ha alcuna, e conserva tal proprietà che caratterizza tutte le macchine ch' egli ha presentate all' Instituto.*

219. *Attesa la combinazione di tanti mezzi poco noti, ed affatto strani nella costruzione delle macchine idrauliche, l' autore è uscito dal cerchio volgare delle idee sulle quali queste macchine sono conosciute, e per conseguenza ha dovuto pervenire a risultati assolutamente non preveduti.*

220. *Il signor* Manoury *ha inventato pure dei molini a grano che paiono essere d' un maggiore vantaggio al pubblico servigio, e che dietro autentiche e provate sperienze generano un effetto superiore a quello delle ruote a vasi più perfetti; questa è una felice applicazione della macchina per reazione immaginata dal sig.* Segner *membro dell' Accademia di Berlino, e sottoposta quindi al calcolo da vari illustri geometri, particolarmente dai chiariss.* Euler *padre e figlio, e dal*

sig. Bossut. *Quattordici di cotesti molini sono già stabiliti nelle ferriere di Paimpont in Bretagna, e nei dipartimenti dell' Orno, della Manica, e del Calvados.*

221. *I delegati dell' Instituto sono d' avviso che il sig.* Manoury *abbia renduto importanti servigi alla teorica, ed alla pratica sul moto delle acque colle sue indagini ed esperienze, e che le invenzioni di lui meritino l' approvazione dell' Instituto.*

Le conclusioni di tal rapporto sono state adottate nella seduta delli 30 *Decembre* 1812.

MACCHINA DI TROUVILLE (*tav.* 13. *fig.* 4. e 5.)

222. Noi trascriveremo il rapporto fatto al consiglio delle arti, e mestieri dalli signori *Borda*, *Hallè e Dumas*, per cui venne accordato al sig. *Trouville*, il premio di 15,000 franchi.

223. *Comincieremo dall' osservare che i mezzi dipendenti dall' azione dell' elasticità dell' aria hanno già meritata l' attenzione degli artefici; alcuni anni prima un egual mezzo idraulico fu sottoposto all' esame dell' Accademia delle scienze. Ora noi descriveremo succintamente questa macchina, facendo la discussione dell' effetto che produce, paragonandolo poscia a quello delle ruote idrauliche, onde ci serviamo comunemente per innalzar le acque; ed esponendo in fine alcune considerazioni generali sulle varie maniere d' impiegare siffatto mezzo.*

224. *Nella macchina del sig.* Trouville *non ci sono ruote, nè trombe; l' aria è l' unico intermedio pel quale l' acqua che serve di motore agisce su quella che s' innalza.*

Figuriamoci un' ampia capacità priva d' ogni comunicazione coll' aria esterna, un edifizio a volta, per esempio, e che quest' edifizio, cui il signor Trouville *chiama grande aspiratore sia disposto in maniera da ricevere alternatamente le acque di una sorgente che serve di motore, e lasciarle correre dalla sua parte inferiore.*

225. *Sieno altresì stabiliti vari serbatoi gli uni sopra gli altri dal livello della sorgente sino al punto più elevato, ove si vuol far giugner l' acqua, e sopra di ciascun serbatoio un piccolo edifizio similmente chiuso, chiamato piccolo aspiratore, il quale comunichi col mezzo d' un tubo verticale col serbatoio, o immediatamente inferiore, e per un tubo orizzontale col serbatoio vicino, in cui essa acqua dee cadere.*

226. *Supponiamo ancora che detti aspiratori sieno quasi affatto*

pieni d' acqua ad eccezione di una breve altezza nella parte loro superiore che racchiuda dell' aria, e sia un lungo tubo di un tenue diametro che parta dalla volta del grande aspiratore al livello della sorgente, che il livello di cadaun serbatoio superiore si trovi un poco al disotto della volta del piccolo aspiratore che vi corrisponde, e che l' altezza di ogni piccolo aspiratore sia alquanto minore di quella contenuta nel grande.

227. *Ridonda da cotesta disposizione, che dando all' acqua del grande aspiratore la libertà di correre dalla sua parte inferiore, l' aria si dilata tosto nel lungo tubo di cui abbiamo parlato, e di poi nelle teste di tutti i piccoli aspiratori coi quali esso tubo ha relazione, aspirando allora ognuno di questi ultimi l'acqua del serbatoio inferiore; dopo ciò facendo entrar l' acqua della sorgente nel grande aspiratore, l' aria ritorna immantinente nel suo primiero stato, e quindi l' acqua aspirata dai piccoli aspiratori si scarica nel serbatoio vicino; talmente che dopo questi due movimenti, l' acqua di un serbatoio qualunque trovasi essere stata portata in quello che le è immediatamente superiore, e l' acqua della sorgente giugne così mano a mano sino al serbatoio più alto. Ecco l' idea generale della macchina del signor* Trouville.

228. *Si valuta l' effetto di qual si sia macchina idraulica, determinando il rapporto della quantità dell' acqua che spende colla quantità che può innalzare nello stesso tempo, all' altezza della quale l' acqua che serve di motore è discesa. Quando queste due quantità sono eguali, la macchina produce il più grand' effetto possibile, il che chiamasi anche l' effetto totale, ed essa è più o meno perfetta secondo che la quantità innalzata si avvicina più o meno alla quantità spesa. Noi determiniamo questo rapporto nella macchina del sig.* Trouville *facendo immediatamente una certa supposizione sull' altezza della sorgente che le comunica il moto.*

229. *Ammettiamo quest' altezza eguale a qualche cosa di più di* 19 *piedi, per esempio,* 19 *piedi e* 9 *pollici, e supponiamo che la volta del grande aspiratore si trovi al livello della sorgente. Consideriamo poscia tutti i piccoli aspiratori come ridotti ad un solo, giacchè tutti producono un simile effetto; sia l' altezza della volta di questo piccolo aspiratore unica al di sopra del serbatoio inferiore, esattamente uguale a* 19 *piedi. Immaginiamoci infine che il grande aspiratore sia tosto riempiuto affatto d' acqua, rimanendo però tre pollici d' aria nella testa del piccolo aspiratore, e che quest' aria abbia la stessa densità di quella dell' atmosfera; supponiamo eziandio che il livello del serbatoio, in cui l' acqua dee sgorgare sia tre pollici più basso*

che la testa del piccolo aspiratore, e che il grande e piccolo aspiratore abbiano la medesima estensione di superficie.

230. *Posto ciò, se facciamo correr l' acqua del grande aspiratore dalla sua parte inferiore, si vedrà che scenderà subito da tre pollici circa senza cagionare alcun movimento nell' acqua del piccolo aspiratore, ma l' aria allora trovandosi quasi alla metà della sua prima densezza, la pressione esterna dell' atmosfera eguale ad una colonna d' acqua di tre piedi circa, comincerà a far salire l' acqua nel piccolo aspiratore; continuando di poi ad innalzarsi sino a tanto che la colonna dell' acqua racchiusa nel piccolo aspiratore sia discesa al livello di sei pollici. Se ora si considera il moto della macchina, quando l' acqua rientrerà nel grande aspiratore, vedrassi che vi salirà da tre pollici circa prima di produrre alcun effetto sul piccolo aspiratore; ed allora l' acqua di quest' ultimo comincerà ad uscirne, e i tre pollici d' acqua cui aveva aspirato saranno versati nel serbatoio vicino, quando l' aria avrà ripresa la densità di quella dell' atmosfera.*

231. *Risulta da ciò che l' acqua entrata nel grande aspiratore sarà stata dell' altezza di sei pollici, e quella versata nel serbatoio superiore di tre; d' onde si scorge che la quantità dell' acqua innalzata sarà soltanto la metà della quantità spesa, e fa d' uopo ancora osservare che questa è discesa un poco più di sedici piedi d' altezza, quando l' acqua innalzata fu qualche cosa di meno.*

232. *Se immaginiamo in egual modo il prodotto della macchina allorchè la sorgente ha un' altezza diversa da quella cui abbiamo supposto, si troverà che l' acqua innalzata sta all' acqua spesa, come il volume che occupa l' aria, mentre ha la stessa densità dell' atmosfera sta al volume ch' essa aria occupa, quando per la sua dilatazione sostiene una colonna d' acqua eguale all' altezza della sorgente; e generalmente la quantità spesa essendo sempre rappresentata per 32 piedi, la quantità innalzata sarà rappresentata da 32 piedi, meno l' altezza della sorgente.*

233. *Così, essendo l' altezza della sorgente otto piedi, le due quantità saranno fra loro come 32 a 24, o come 4 a 3, e per conseguenza la macchina produrrà i tre quarti dell' intero effetto; i sette ottavi, se l' altezza ascenderà a quattro piedi solamente, e i quindici sedicesimi se sarà ridotta a due piedi. D' onde apparisce che l' effetto della macchina si accosterà tanto più all' effetto totale od al maggior effetto possibile, quanto più piccola sarà l' altezza della sorgente che serve di motore.*

234. *Dobbiamo qui por mente che vi ha una qualche detrazione da fare a questi risultati, perchè i piccoli aspiratori non innalzano*

esattamente l' acqua in una quantità eguale all' altezza del grande aspiratore, come si è potuto scorgere dalle sopra dette cose; oltre di che il volume dell' aria contenuta nel tubo di comunicazione diminuisce l' effetto della forza motrice; ma queste differenze sono di pochissima entità, e possiamo asserire che i risultati pratici della presente macchina deggiono approssimarsi molto a quelli, cui abbiamo già esposti.

235. *Noi paragoneremo ora cotesti risultati a quelli di due spezie di ruote idrauliche, delle quali si fa uso comunemente per innalzar l' acqua; cioè le ruote a vasi, o a ciottole che ricevono l' acqua al di sopra del loro diametro, o ad una certa altezza del medesimo, e le ruote a pale che girano in una corsia, e sono mosse dall' urto dell' acqua. Cominciamo prima dalle ruote a ciottole.*

Esaminando teoricamente il prodotto di questa ruota, si giudica che il suo effetto possa essere eguale all' effetto totale, cioè che possa alzare ad un' altezza pari a quella della sorgente tant' acqua quanta ne spende; ma, 1. *bisogna supporre per ciò che la ruota assuma una velocità piccolissima, e che la capacità delle ciottole sia assai ampia; ora in tal caso farebbe mestieri moltiplicare il ruotismo interno della macchina per supplire alla lentezza del giro della ruota: si ha dunque piuttosto caro di perdere una parte dell' effetto, facendo cader l' acqua da una certa altezza sulle ciottole, ed allora quest' effetto trovasi diminuito di una quantità, che riputiamo essere comunemente di un ottavo nelle macchine meglio combinate.* 2. *Gli attriti del ruotismo interno della macchina, quegli degli stantuffi nelle trombe, le perdite dell' acqua a cui soggiacciono gli stantuffi, e la strettezza delle valvole cagionano ancora una diminuzione di prodotto che è per lo meno di un sesto nelle macchine bene eseguite. Si comprenda pertanto che l' effetto reale, o pratico di una macchina mossa da una ruota a ciottole è un poco meno di tre quarti dell' effetto totale, ed è forse cosa rara trovarne che generino i due terzi di questo effetto.*

236. *Osserviamo la seconda specie delle ruote idrauliche che si muovono per l' urto dell' acqua. Si conosce che dando alle pale della ruota la dovuta velocità onde produca il più grand' effetto di che è capace, essa può innalzare la metà dell' acqua spesa sino all' altezza del serbatoio della sorgente, cioè può produrre la metà dell' effetto totale. Ma conviene perciò che le pale della ruota riempiano esattamente la corsia nella quale girano, per modo che il fluido non possa uscire al disotto delle medesime, o lateralmente senza aver esercitata la sua azione: e come è ben difficile usare di questa precisione, ci sembra che una di esse ruote non partorisca realmente nella*

pratica che il terzo dell' intero effetto, e facendo pure la riduzione di un sesto per l' attrito del ruotismo interno, e delle trombe, apparirà che una macchina mossa da una ruota a pale non genera che un poco più del quarto dell' effetto totale.

237. *Risulta dall' esame già praticato, che a primo aspetto la macchina del sig.* Trouville *è di gran lunga superiore alle ruote a pale mosse dall' urto dell' acqua. Di fatti, nel caso ove l' altezza della sorgente fosse di* 8 *piedi, il suo prodotto sarà quasi triplo di quello delle ruote a pale, e vedremo ben tosto che riporterà lo stesso vantaggio in tutti gli altri casi.*

238. *Quanto alle ruote a ciottole, abbiamo detto che producono un poco meno dei tre quarti, o forse anche i due terzi dell' effetto totale: ora abbiamo veduto testè che la macchina del sig.* Trouville *produce altresì un poco meno dei tre quarti dell' intero effetto, quando l' altezza della sorgente è di* 8 *piedi; che il suo effetto comparativo è maggiore nelle altezze più piccole, e minore all' opposto nelle altezze più grandi. Così le due macchine sono presso a poco eguali allorchè la sorgente di cui si dispone, cade da* 8 *piedi; la macchina prova della superiorità quando l' altezza è minore, ed è inferiore nelle altezze maggiori. Ma è sempre agevol cosa ridurre la macchina ad aria del sig.* Trouville *a non essere che una replica delle macchine, nelle quali l' acqua della sorgente non cadesse che da* 8 *piedi di altezza, od ancor meno. Perciò basterebbe dividere il grande aspiratore in molti piani di* 8 *piedi di altezza, ciascuno de' quali comunicasse per un tubo d' aria particolare col tubo generale, che conduce l' aria a tutti gli aspiratori superiori. L' effusione dell' acqua d' ogni piano succederebbe dalla parte inferiore in una tinozza posta fuori all' aria aperta, la qual tinozza servirebbe poscia a riempiere il piano inferiore per produrre la condensazione. In questa maniera, qualunque fosse l' altezza della sorgente, l' acqua essendo alzata col mezzo di ripetizioni di* 8 *piedi, la macchina produrrebbe sempre i tre quarti dell' effetto totale, cioè, che nel caso meno favorevole, sarebbe eguale alla ruota a ciottole, e sarebbe superiore volendo diminuire l' altezza delle ripetizioni.*

239. *Il paragone da noi fatto prova la bontà della macchina del sig.* Trouville; *ma ciò che le attribuisce un grandissimo vantaggio, e che la distingue in un modo particolare, è la soppressione del ruotismo, dei bilancieri, delle trombe, e degli stantuffi che imbarazzano, e rendono complicate le macchine comuni, e che consumate in poco tempo obbligano a frequenti ristauri, e quindi ad intere ricostruzioni; laddove la macchina ad aria non può aver d' uopo che di mediocri*

risarcimenti, e le sue parti principali, come gli aspiratori, sono quasi indistruttibili; finalmente la semplicità di questa macchina ne aumenta eziandio il merito.

240. Quantunque la macchina del sig. *Trouville* paia (teoricamente parlando) vantaggiosissima, pure temo che si pervenga a farne delle applicazioni realmente utili per la sua mole troppo considerabile, e per la difficoltà di stabilirla solidamente.

GALLEGGIANTE A SIFONE DEL SIG. *THIVILLE*, (*tav.* 13. *fig.* 2.)

241. Lo scopo, cui il sig. *Thiville* si è proposto immaginando l'ingegnosa sua macchina, è stato di trovare un mezzo semplice, ed economico da trar partito di un filo d'acqua, quando si abbia peraltro una caduta ragguardevole per innalzar la porzione del fluido ad un' altezza determinata.

a livello d'una sorgente, o di un ruscello, il cui scolo è trattenuto dalla mora *b*. — *h z p*, sifone. — *x x x x*, cassa di grossi tavoloni ben uniti, calafatata, incatramata, e guernita di lamine di ferro; questa cassa deve essere stabilmente collocata sopra travi, o muro, il che non è addimostrato nella figura. — *y y*, cassa disposta in guisa da potersi muovere nella cassa stabile *x*, lasciando fra loro uno spazio di una linea circa, — *i i*, rotoli che impediscono alla cassa mobile di strofinare, ed anche di aderire alla parete della cassa stabile. — *u*, valvola. — *v*, altra valvola.

La cassa mobile è misurata in maniera che essendo piena d'acqua deve essere eguale in peso al volume di quella che scaccia.

242 Volendo supporre che la valvola *v* sia aperta e la *u* chiusa, è evidente che l'acqua, la quale trovasi fra le due casse scorrerà pel passaggio che le lascia la valvola *v*; allora la cassa mobile potrà operare pel proprio peso, e discenderà strascinando uno dei bracci del bilanciere *k k* che farà agire coll'altro suo braccio lo stantuffo di una tromba.

La cassa mobile scendendo, sommergerà la sua base, e perderà gradatamente una parte del suo peso; ma a misura di tal perdita, ne acquisterà nella medesima proporzione col mezzo del sifone, per cui riceverà il fluido. Così ciò che la potenza va a perdere d'abbasso, lo riacquisterà in alto. Quando la cassa è giunta al punto più basso, la valvola *v* si chiude, mentre la *u* si apre; ed il fluido racchiuso nella cassa mobile esce per andarsi a porre a livello nella cassa stabile. Allorchè è fissato questo livello, la cassa mobile sommersa ha perduto tutto il suo peso, quindi un peso attaccato al gambo dello stantuffo della tromba produce

l'elevazione della cassa mobile. Il sig. di *Thiville* non ha additati i mezzi da impiegarsi per aprire le valvole.

243. La *fig.* 5. *tav.* 9. rappresenta un espediente per innalzar l'acqua coll'aiuto del galleggiante senza l'intermedio d'una tromba. Il fondo della cassa mobile *b b* ha un buco rotondo corredato della palla *o*; una egual palla *p* è posta sotto la cassa stabile, e serve di valvola a cerniera per trattenere l'acqua ch' esiste nel tubo d'ascensione *x x*. Sotto la cassa mobile è fissata solidamente in forza d'una rotella di ferro una manica di cuoio *z z* articolata da anelli di ferro, l'estremità inferiore della quale è fissata del pari sul fondo della cassa stabile.

Ecco il giuoco della macchina.

244. Se la valvola *v* si apre, l'acqua che trovasi fra le dué casse scorrerà; la cassa mobile sarà abbandonata al proprio peso, e comprimerà le articolazioni, o giunture della manica di cuoio *z z*; l'acqua in essa sforzerà la palla *p* a lasciarle un libero passaggio par entrare nel tubo d'ascensione *x x*; la palla *o* al contrario chiuderà ermeticamente il buco della cassa mobile che pervenuta in *a a* non potrà scender più abbasso essendo trattenuta da due maleoli *k k*.

Se allora la valvola *v* si chiude, una valvola posta in *q* si apre per lasciar correre nello spazio che separa le due casse quella quantità d'acqua bastevole a porre nuovamente a gala la cassa mobile, la quale come che un poco più leggiera dell'acqua che disgombra, o tratta da un piccol peso, risale; cotesto effetto non può aver luogo, se l'acqua che è fra le due casse non viene in *a b* a prendere il posto che occupa la cassa mano a mano che s'innalza. Una parte dell'acqua, cui il sifone versa nella cassa mobile riempie la manica *z*; la palla *o* non vi mette alcun ostacolo essendo allora in equilibrio, ed aprendosi dall'alto al basso. La palla *p* all'opposto chiudendosi dal basso in alto si trova in quello istante spinta da una potenza eguale al peso della colonna dell'acqua ch' empie il tubo d'ascensione *x x*. Quando la cassa è arrivata al punto più elevato del suo corso, la valvola *v* si apre, e il moto ricomincia.

MACCHINA DEL SIG. *W. CLOSE* PER INNALZAR L'ACQUA COL MOTO LATERALE DI UNA CORRENTE IN UN TUBO CONICO.

245. Si legge nel giornale di *Nicholson* delle descrizioni d'una macchina, cui l'esperienze del Sig. *Venturi* hanno suggerito al sig. *William Close*. Cotesta macchina rappresentata dalla fig. 6. (*tav.* 11.) può, quantunque imperfetta, far nascere ulcune utili applicazioni.

246. — A A è un serbatoio d'acqua tenuto sempre pieno, mentre

ch' essa copiosamente in B, per effetto d'una pressione assai forte. — C tubo fissato nel fondo del vaso sferico D, che oltrepassa qualche poco il suo mezzo. — E altro tubo che entra nella cavità D e termina presso alla sua cima. La parte infima di questo tubo è piegata, e la estremità di esso entra nel più piccolo pertugio del tubo conico B. — F tubo di sfogo del vaso D allorchè è pieno d'acqua. — G piccol tubo che attraversa il tubo F, e s'innalza sino verso l'alto della cavità D ad oggetto di ammetter l'aria che affretti la discesa dell'acqua fuori di detto vaso. Questi due tubi sono chiusi in fondo dalla leva L, stabilita sopra di un rubinetto nel tubo E, avente da una parte un peso che sforza l'altra parte ad appoggiarsi contro l'estremità dei tubi nel tempo stesso che regge il vaso I sospeso al disotto per mezzo d'una corda, o filo di metallo. La superficie superiore di questa estremità di leva che tocca i tubi, deve essere guarnita di cuoio, e comprimerli con gran forza onde il vaso D sia perfettamente chiuso, quando le estremità degli altri due tubi sono posti nell'acqua. — H è un piccolo serbatoio provveduto di un sifone, il quale si riempie dell'acqua del serbatoio A unitamente al vaso D. Ciò si ottiene regolando il rubinetto k sul tubo che somministra l'acqua al serbatoio H. — I è un vasetto con un sifone sospeso alla leva L.

247. Ecco il modo di agire di questo apparecchio. Il serbatoio A essendo costantemente pieno d'acqua, e il tubo conico B riempiuto affatto nella sua più larga estremità dall'acqua che corre da A, la forza del moto laterale accresciuta dalla forma del tubo B, ed operando sull'estremità del tubo E, rarefarà l'aria nel vaso D: e la pressione dell'atmosfera sulla superficie dell'acqua nel serbatoio, farà salire una parte di quest'acqua nel tubo C fin sopra la sua cima, empierà il vaso D, e discendendo poscia per E, entrerà nella corrente ch'esce pel tubo B.

248. Quando il vaso D è pieno d'acqua, se si aprono i tubi F e G ne uscirà quella; così tosto che D è riempiuto, H pure lo è, ed il sifone di quest'ultimo vaso cominciando a vuotar l'acqua, empie il vaso I che agguaglia il peso sulla leva L, apre i tubi F e G chiudendo il rubinetto in E. La colonna dell'acqua in C scende immediatamente nel serbatoio, e se il piccolo tubo G n'è pieno, sarà vuotato per la discesa di questa colonna, ammetterà l'aria nel vaso D, e scorrerà pel tubo F. I vasi D ed H vuoteranno l'acqua quasi nel medesimo tempo mentre che il vaso I per mezzo del suo sifone farà altrettanto subito dopo. Il peso operando sulla leva L chiuderà poscia i tubi F e G, aprirà il passaggio pel tubo E, e l'acqua salirà nel vaso D come prima. Se l'acqua scendesse per E innanzi che si aprissero i tubi F e G diventerebbe perciò il rubinetto in E più sicuro.

249. *W. Close* ha fatte alcune sperienze su questa macchina. Da principio, egli ha dato al vaso D una figura cilindrica: il suo diametro era di un pollice e tre quarti, e la sua altezza di due: non vi si erano adattati i tubi F e G, ma praticati soltanto due pertugi l'uno per far uscir l'acqua, e l'altro per ammetter l'aria, ognuno de' quali rimaneva chiuso da un turacciolo di legno. Il tubo C aveva tre ottavi di pollice di diametro interno, ed il tubo E un quinto di pollice: ma questo per maggior facilità nella costruzione era posto dentro al tubo C presentando la parte superiore tagliata come l'imboccatura di un flauto, e toccando la cima del vaso D, dove essa parte era fermata da una bietta di legno conficcata a forza nel fondo del tubo C. Un tubo conico, lungo nove pollici, avente un pollice di diametro nella sua estremità più angusta, ed un pollice e tre quarti nella più larga, fu stabilito appresso ad un serbatoio profondo otto pollici. E poichè l'altezza dell'acqua nel serbatoio sopra il minore dei pertugi del tubo conico ascendeva a sei pollici e mezzo, l'acqua perciò corrente in esso tubo, riempiva perfettamente la sua estremità più larga; il capo ricurvo del tubo E fu introdotto nel più piccolo pertugio del tubo conico, mentre il fondo del tubo C era due pollici al di sotto della superficie dell'acqua nel serbatoio; una parte allora dell'acqua salì immediatamente a 14 pollici d'altezza in C riempiendo il vaso D: si trassero di poi fuori dell'acqua i tubi C ed L, e fu vuotato il vaso D, togliendone i turaccioli.

250. Il sig. *W. Close* sostituì poscia nel vaso D un vaso sferico, il quale aveva due pollici di diametro adottando gli stessi tubi C ed E che erano stati impiegati prima. Vi si aggiunsero i due tubi F e G, chiudendo col dito quando l'acqua si alzava. Il tubo E dopo d'essere stato un poco allungato, fu posto nel piccolo pertugio in D, essendo il carico del serbatoio 7 pollici. Il fondo del tubo C era precisamente al di sotto della superficie dell'acqua: in brevissimo tempo una parte di questa salì quasi a 16 pollici pel tubo C, e riempì il vaso D: allora furono aperti i tubi F e G, e l'acqua uscì fuori.

251. Quando l'aria entrò nel vaso D, il corso del getto fu talmente diminuito che non riempì la metà del pertugio più lungo, e non ricuperò la sua primiera forza se non se molto tempo dopo che i tubi F e G erano stati chiusi. Ciò mostra la necessità di una valvola, o rubinetto che chiuda in E, per prevenire la diminuzione del getto d'acqua allorchè l'aria è ammessa nella cavità del vaso D, se vogliamo che la macchina innalzi molt'acqua, e si vuoti a periodi regolati; poichè per tutto il tempo che il tubo conico non sarà pieno, non s'innalzerà la minima quantità d'acqua. Un rubinetto che chiuda ermeticamente produrrà il bramato effetto.

252. In altre sperienze, il sig. *W. Close* collocò il tubo rarefacente E nel tubo C destinato all'ascensione dell'acqua, facendoli entrare ambedue nel vaso sferico; quindi li separò, ed impiegò l'estremità del tubo ad acqua come sostegno d'una valvola di metallo che pel proprio peso chiudeva il pertugio del tubo E: allato di quest'ultimo tubo eravene un altro minore che terminava al di fuori per dar passaggio all'acqua, essendo tutti due chiusi dall'estremità della leva L o dalla valvola inferiore, che aprivasi sei o sette volte in un minuto, frattanto che l'acqua scorreva sempre al di fuori.

253. Il braccio del sifone scendente nel vaso elevato H, fu allungato d'assai per prevenire una stillazione costante, e per far cessare tutto ad un tratto il reciproco effetto. Il sifone del vaso ascendente, o la più bassa parte di esso, fu ingrossata per lo meno come l'altra onde il peso esercitar potesse speditamente il suo sforzo, e chiudere la valvola inferiore appena alzata l'altra. Fu sospeso il vaso superiore accanto al serbatoio, provvedendolo d'acqua al di sopra della sua sponda con un sifone, l'una delle cui aperture aveva il diametro conveniente. La capacità del vaso inferiore era di cinque once circa, laddove quella del vaso superiore era quasi di sette, venendo diminuita talora introducendo un corpo solido nella parte superiore, perchè fosse riempita più presto. Il peso ascendeva a un poco più di sei once, e la lunghezza della leva ad un piede. Erano stati praticati dei buchi nel suo orlo inferiore per poter sospendere il vaso ed il peso a varie distanze dal centro. L'acqua ergevasi un piede al di sopra della superficie di quella del serbatoio. Non ci era valvola che impedisse alla colonna d'acqua di scendere ogni volta che si apriva la valvola inferiore.

CAPITOLO V.

Macchine a colonna d'acqua.

254. Si chiamano macchine a colonna d'acqua quelle che hanno per motore l'acqua, cui una corrente continua versa in un tubo verticale, ed alla quale si oppone uno stantuffo da essa rispinto, ma che però si fa ritornare al suo primiero stato dopo un determinato corso, intercettandone ad un tratto la comunicazione fra esso e la colonna d'acqua, e lasciando correr quella che si oppone al suo ritorno.

255. Sembra che sia dovuta l'invenzione di questa spezie di macchina alli signori *Denisart* e *Dueille*, i quali nel 1731 presentarono all'Accademia reale delle Scienze la seguente.

MACCHINA DELLI SIGNORI *DENISART* E *DUEILLE* (*tav.* 12. *fig.* 3.)

256. Il serbatoio *a* alimentato continuamente da una sorgente, riempie il tubo *abc*, il quale comunica col recipiente *mm* che contiene lo stantuffo *d*. Questo recipiente ha quattro aperture, la prima contrassegnata n. 1. corrisponde col tubo *abc*; la seconda n. 2. col tubo *zv*; la terza n. 3. col tubo *yy*; e la quarta finalmente n. 4. collo sfogo *n* chiuso da un rubinetto. Un altro recipiente simile *pp* fornito di egual numero di tubi e di aperture, è situato in linea paralella al di sopra del primo, e il suo stantuffo *h* comunica pel gambo *s* coll'altro stantuffo, talmente che tutti due sono soggetti agli stessi moti.

257. Allorchè è aperta la comunicazione fra i tubi *abc*, *ef*, e i due recipienti *mm*, *pp*, l'acqua tenderà ad innalzare gli stantuffi con una forza pari al peso delle due colonne d'acqua che avessero per base gli stantuffi, e per altezza la distanza verticale fra la superficie inferiore degli stantuffi, e il livello dell'acqua ne' serbatoi che alimentano i due tubi. Supponendo allora che lo sfogo *n* sia libero, e che la comunicazione del recipiente superiore col tubo *ll* sia aperta, e che le altre sieno chiuse, le colonne dell'acqua facendo salire gli stantuffi, produrranno i seguenti effetti: 1. l'acqua che è al di sopra dello stantuffo *d* sarà sforzata correre per lo sfogo *n*; 2. quella al di sopra dello stantuffo *h* sarà ricompressa nel tubo sagliente *ll*.

258. Se ora le comunicazioni ch'erano aperte si chiudono, e che le altre si aprano, le colonne dell'acqua *xx*, *yy* comprimeranno gli stantuffi dall'alto al basso, gli obbligheranno a scendere, ed una tal discesa farà da una parte scorrere per lo sfogo *g* l'acqua che trovasi al di sopra dello stantuffo *h*, e dall'altra salir quella che è nel tubo *zv*.

Scorgesi che questa macchina è di doppio effetto, cioè che la pressione delle colonne dell'acqua si esercita al di sopra e al di sotto degli stantuffi; ma volendo contentarci di un semplice effetto, e di una ricompressione d'acqua intermittente, si potrebbe sopprimere uno dei recipienti, e tutti i tubi che vi sono adattati.

259. I delegati scelti dall'Accademia hanno dichiarato di aver veduto agire una macchina, cui i signori *Denisart* e *Dueille* avevano eseguita a Sèvres, dove l'acqua innalzavasi da se stessa a 32 piedi col mezzo di una caduta di 9 piedi, e che di 128 moggia somministrate in un giorno dalla sorgente, onde mantenere il moto della macchina, ne salivano 6 e ne discendevano 114.

MACCHINA DEL *BELIDOR* (*tav.* 12. *fig.* 4 *e* 5.) (*pianta, elevazione*)

260. Questa macchina è composta di due tubi verticali, l'uno *a a* che serve di discesa alla colonna motrice, e l'altro *b b* per ove sale l'acqua, cui la macchina innalza. Il tubo orizzontale inferiore *c c* mantiene la comunicazione fra i tubi verticali *a a*, *b b*; il secondo tubo orizzontale *d d* è composto della riunione di due parti cilindriche di diverso diametro, ciascuna delle quali comprende uno stantuffo, i due stantuffi sono congiunti insieme per il gambo *e*, quello che movesi nella parte più ampia, riceve l'impulso della colonna motrice, e l'altro ricomprime l'acqua nel tubo sagliente *b b*.

261. L' estremità della camera della tromba *d d* ha tre aperture *f*, *g*, *l*; la prima e la seconda introducono l'acqua nella camera della tromba, mentre l'ultima lascia correr l'acqua.

262. Un rubinetto girante *p* di cui vedesi lo spaccato nella fig. 5 è costrutto in modo tale che quando trovasi nella posizione indicata dalla figura, lascia una libera comunicazione fra la colonna motrice, e la camera della tromba, chiudendo però lo sfogo *l*; del resto se gli si fa fare un quarto di giro, intercetta allora la comunicazione precedentemente aperta; e come lo sfogo *l* è aperto, l'acqua perciò che trovasi nella camera della tromba di qua dallo stantuffo, uscirà fuori. Un regolatore dipendente dal giuoco della macchina stessa apre e chiude il rubinetto.

263. Il tubo sagliente *b b* ha due valvole, l'una sopra e l'altra sotto alla camera della tromba nelle parti indicate *t* ed *u* fig. 5.

Il regolatore è posto in azione dal gambo stesso che unisce i due stantuffi; così il mezzo di questo gambo è attraversato dall'asse *q q* che gli attribuisce la facilità di muoversi liberamente.

Le due parti cilindriche *r* ed *s* della camera della tromba non sono immediatamente unite l'una all'altra, ma adattate ad un semicilindro *o o* che non altera punto il moto dell'asse *q q*.

264. Il regolatore costrutto come quelli delle antiche macchine a vapore, è composto di più pezzi. — 1. dimostra l'asse del rubinetto che sostiene la leva 2 2, la cui estremità è trattenuta nell'incastro 3 3 che gl'impedisce di aver altro moto tranne quello della rotazione orizzontale. Cotesta leva ha il pertugio 4 nel quale entra il bottone 5 adattato ad un lungo gambo piegato a guisa d'arco 6 6 6, e terminato dalla staffa 7: un asse girante 8 8 è infilato nei buchi della staffa, permettendole di aver un moto di rotazione; questo medesimo asse è infilato pure in altra staffa maggiore 9 9 che entra qnadrata nell' asse 10

10 sostenuta da due regoli di legno che non appaiono nelle figure. L'asse 10 10 porta due leve 11 11, che formano fra loro un angolo retto, l'una delle quali s'appoggia contro l'asse *qq* adattato al gambo degli stantuffi; un'altra leva 13 ha da una parte sul fine il peso 14, e dall'altra la forca 15 e 16; finalmente due correggie attaccate all'asse 14 sono fermate ai punti 17 e 18.

265. Il giuoco del regolatore è facile a comprendersi; supponiamo che gli stantuffi s'avanzino dalla dritta alla sinistra, l'asse *qq* incontrerà la leva 11 11, la sforzerà ad accompagnarlo nel suo moto, e a far girar l'asse del regolatore 10 10; ma quest'asse non può girare senza imprimere un moto di rotazione alla staffa 99, ed allora esso trae a se il lungo gambo 666, il quale fa muovere la leva 22 del rubinetto, facendogli descrivere un quarto di giro. Frattanto il peso 14 sale dalla sinistra alla dritta, e quando è pervenuto al punto 19, il peso avendo passata la verticale, e trovandosi abbandonato a se medesimo, cade immediatamente; in quel mentre la branca 16 incontrando per istrada la cavicchia 20 costringe la staffa a passare dalla dritta alla sinistra, facendo camminare il gambo 666 addietro. L'effetto opposto avviene allorchè gli stantuffi retrocedono.

Il corpo d'ogni stantuffo è composto d'una viera fusa con una specie di collare; questa viera la cui estremità è formata a vite, deve infilare molte rotelle di cuoio sostenute da un anello che le unisce insieme strettamente col mezzo d'una chiocciola adetta alla vite che agisce sulla viera stessa.

266. Per impedire che il peso degli stantuffi non contribuisca a far consumare le rotelle di cuoio più presto verso il basso, che nelle altre parti, i gambi sono sostenuti col mezzo di due piastrelle.

GIUOCO DELLA MACCHINA.

267. Da principio, l'acqua scende pel tubo *a*, comunica col tubo orizzontale *cc* e sale liberamente nel tubo salente *bb* sino ad un'altezza eguale a quella della caduta, poichè le valvole *t* ed *u* essendo spinte d'abbasso, la forza dell'acqua le aprirà per farsi strada. L'acqua entra nel medesimo tempo nella piccola camera della tromba, e spinge gli stantuffi verso la parte *ba*. Quando gli stantuffi sono giunti al termine del loro corso, il rubinetto *p* che chiudeva l'ingresso della gran camera di tromba, fa subito un quarto di giro per aprire l'orifizio d'impulsione, e chiuder quello di sfogo; d'allora in poi l'acqua della caduta sospinge gli stantuffi verso la parte *ab*, e per siffatto moto il piccolo stantuffo ricomprime l'acqua che si appoggia sulla sua base; l'acqua

così ricompressa chiude colla sua pressione la valvola *t*, ed apre la valvola *u*, e per conseguenza il fluido innalzasi nel tubo sagliente.

268. Il rubinetto compie un altro quarto di giro dal lato opposto, per chiudere l'orifizio d'impulsione e aprir quello di sfogo; così l'acqua cui la gran camera della tromba racchiude, scorre e tralascia d'agire contro gli stantuffi, i quali sono perciò in grado di obbedire all'impulso retrogrado dell'acqua, che nell'aprire la valvola *u* s'introduce nella piccola camera della tromba. In questo stante la colonna del fluido ascendente non essendo più spinta dal basso in alto, chiude col proprio peso la valvola *t*.

Noi veggiamo continuando in simile guisa, che il giuoco alternativo del rubinetto *p* fa salir l'acqua ad un'altezza determinata, purchè il prodotto della base del piccolo stantuffo e quello dell'altezza della colonna ascendente risulti minore del prodotto della base del grande stantuffo per l'altezza della caduta.

MACCHINA A COLONNA D'ACQUA DI *HOLL* (*tav.* 14.)

269. Questa macchina fu costrutta a Chemnitz da *Holl* l'anno 1751. Il motore è una colonna d'acqua di 277 piedi d'altezza che scende per un tubo verticale di ferro fuso *aa*, e che mediante il tubo orizzontale *bb* comunica col cilindro di rame *c*, il cui diametro è di un piede. Questo cilindro contiene lo stantuffo *d* sormontato dalla verga *l* appiccata al bilanciere *m* coll'intermedio d'una catena; esso bilanciere sostiene la verga *n* che corrisponde coi gambi del sistema della tromba *q* destinata ad esaurir l'acqua.

270. Il tubo orizzontale *bb* è armato di due rubinetti *v* e *z*, il primo de' quali apre la comunicazione fra il cilindro *c* ed il tubo; il secondo *z* dà il passaggio all'acqua racchiusa in esso cilindro, mentre che un regolatore cui descriveremo ben tosto apre e chiude alternativamente i due rubinetti. Quando il rubinetto *v* è aperto ed il rubinetto *z* chiuso, la colonna dell'acqua esercita sullo stantuffo del cilindro una pressione eguale al peso di una massa d'acqua che avesse per base lo stantuffo, e per altezza quella del tubo *aa*, cioè ad un peso di circa 18 migliaia. Questa pressione serve per innalzare la verga *l* con tutto il suo apparecchio, che consiste principalmente nei due bilancieri *kk*, ciascuno de' quali è sormontato da una cassa caricata di ferro, e sono attaccati ad essa verga col mezzo delle catene *nn*. Il peso del bilanciere e della verga *l*, dee non solamente equilibrare i pesi riuniti della verga *n*, delle trombe, dei loro stantuffi, e della colonna d'acqua da innalzare, ma essere eziandio in istato di far muovere tutte coteste masse.

271. Così la colonna dell'acqua altro non fa qui che sollevare un peso che è quello della verga e del suo apparecchio; e tal peso abbandonato poscia a se medesimo produce l'effetto utile. Fa d'uopo perciò intercettare la comunicazione fra la colonna dell'acqua, ed il cilindro, e lasciar correre il fluido ch'esso cilindro racchiude; si ottiene questo doppio effetto chiudendo il rubinetto *v*, ed aprendo il rubinetto *z*.

272. Quando la verga *l* discende, fa salir la verga *n* delle trombe coll'intermedio del bilanciere *m*. L'innalzamento di questa verga genera quello di tutti gli stantuffi delle trombe; il suo peso è sufficiente non solo per abbassare gli stantuffi, ma anche per alzare la cassa *p* piena di sassi, e adattata al bilanciere *o*, la quale è destinata ad aiutare la verga *n* nel suo moto ascensionario.

273. Il moto della macchina dipende dall'aprimento, e dalla chiusura dei due rubinetti; bisognava immaginare un espediente per far eseguire siffatta operazione dalla macchina stessa. Il meccanismo adottato da *Holl* è analogo a quello già impiegato nelle antiche macchine a vapore.

274. Ecco qual è questo regolatore. Al bilanciere *k* è attaccato il travicello 3, corredato di due cavicchie poste a distanze determinate. Quando il travicello discende, incontra la leva curva 4 che agisce sull'altra leva 55 armata d'un uncino nella sua parte inferiore, questa leva lo rispinge ed obbliga l'uncino a lasciare il peso 6 che sosteneva; così tal peso essendo libero, fa girar la leva a squadra 77, a cui esso è adattato, e mediante la catena 8, fa avanzare il gambo orizzontale 99 dove corrispondono le code dei rubinetti, le quali sono disposte in maniera che siffatto moto fa aprir l'uno e chiuder l'altro.

275. Se il travicello risale, la sua cavicchia inferiore agisce sulla leva 10, l'uno de'cui bracci porta un uncino che sosteneva il peso 11. Questo peso fa girare allora la sua leva 12, e la catena 13, alla quale è unito, trae il gambo orizzontale 9, chiude il rubinetto ch'era aperto, aprendo quello ch'era chiuso. L'offizio dunque del travicello si è di liberare mano a mano i pesi 6 e 11, essendo appunto tali pesi che agiscono sui rubinetti; ma quando hanno agito, conviene far loro riprendere la primiera situazione, e sforzargli ad adattarsi agli uncini di ritegno. Cotesto effetto è prodotto dal bilanciere *k* rispetto al peso 6 e dal travicello 3 verso il peso 11, poichè se il bilanciere *k* sale, la catena 14 obbliga altresì il peso a salire all'altezza dell'uncino, ma se il bilanciere ed il travicello scendono, la catena 15 15 che passa sulla carrucola 16 strascina il peso 11, e lo fa aggrappare al suo uncino.

Il corso dello stantuffo nel cilindro *c* è di sei piedi e tre pollici. Questa macchina batte persino otto colpi di stantuffo in un minuto; e volendola fermare si chiude il rubinetto *v*.

276. *Jars* riferisce ne' suoi *viaggi di metallurgia*, *tom.* 2. *pag.* 154, che quattro macchine consimili erano state stabilite a Chemnitz. Due fra le altre innalzavano in 24 ore 13 a 14,500 piedi cubi d'acqua da una profondità di 660 piedi, consumandone 71,645. La terza colla stessa quantità d'acqua esterna, ne innalzava 39,000 piedi da una profondità di 204. La quarta finalmente, il cui cilindro è molto più piccolo, con 17 a 20,000 piedi cubi d'acqua esterna, ed una caduta di 251 piedi, ne alzava 11,500 da 144 piedi di altezza, e 17,200 da un'altezza di 88 piedi.

Quando si ha una gran caduta d'acqua a propria disposizione, si può farla agire sulle macchine in due maniere diverse, o servendosi del metodo già descritto, o col porre molte ruote a cassette o a brentelle l'una sopra dell'altra, come si pratica a Freyberg, ed in alcune altre imprese. La prima sembra preferibile per ogni riguardo d'economia, e di minore spesa.

Nel quarto libro, descriveremo una macchina, a colonna d'acqua e a doppio effetto, cioè d'una macchina, in cui la pressione dell'acqua produce alternatamente l'innalzamento e la pressione dello stantuffo.

CAPITOLO VI.

Arieti idraulici.

277. L'ariete idraulico, l'invenzione del quale è attribuita a *Montgolfier*, fu eseguito nel 1794, questa macchina singolarissima per la sua semplicità, e pel suo vantaggio in varie circostanze, si compone ordinariamente (*tav.* 15. *fig.* 8.): 1. d'un serbatoio M, dove l'acqua è mantenuta sempre allo stesso livello da quella che sottentra in suo luogo: 2. del corpo dell'ariete, o corsìa Q che mette capo nel serbatoio d'aria X sormontato dal tubo d'ascensione L; 3. della valvola d'ascensione *p* aprendosi nel serbatoio d'aria; la qual valvola è destinata ad impedire che l'acqua esistente sotto la campana, come pure questa innalzata nel tubo escendente non ritorni nella corsìa; 4. della valvola di ritegno F che s'apre nel corpo dell'ariete, ed impedisce l'uscita ad una porzione dell'acqua che esso racchiude. Questa valvola è armata di un gambo, a capo del quale trovasi la paletta H.

278. L'effetto dell'ariete dipende dalla percossa prodotta dalla corrente dell'acqua che attraversa il tubo Q, e che essendo fermato tutto ad un tratto dalla chiusura della valvola *l*, esercita la sua azione sulla valvola ascensionaria *p*, come l'unica parte mobile, cui l'acqua allora incontra. Nell'ariete, non vi sono che queste due valvole poste in moto.

L'apertura della valvola di ritegno, lasciando correr l'acqua, fa riprendere ad essa la velocità di che ha d'uopo per agire; e la sua chiusura genera l'urto. La valvola ascensionaria aprendosi, lascia un libero passaggio all'acqua che entra nel serbatoio d'aria X, e nel tubo L; e nel chiudersi, impedisce che l'acqua innalzata non ricada. Quando l'una delle due valvole si apre, l'altra si chiude, e così successivamente.

279. Il serbatoio d'aria X genera due effetti, quello di diminuire la violenza dell'urto facendolo agire sull'aria che è dotata di elasticità, e l'altro di produrre come nelle trombe, un' effusione continua.

280. Ecco in qual modo opera l'ariete. Supponiamo la valvola F aperta, l'acqua comincierà a muoversi nel tubo Q, e quando avrà acquistata tanta velocità che il getto incontri la paletta obbliqua H, la valvola F si chiuderà; in quel mentre l'acqua racchiusa nel tubo Q fa uno sforzo sulle pareti di esso tubo, cercando di aprirsi un passaggio: ma incontra la valvola *p* su cui esercita tutta la sua attività, e nell'aprire la comunicazione fra il tubo e il serbatoio d'aria la valvola permette all'acqua di insinuarsi finchè prova una resistenza che distrugge tutta la sua velocità. Distrutta questa, la valvola *p* dee necessariamente obbedire alla pressione della colonna dell'acqua che sopporta, e perciò si chiude.

281. La chiusura della valvola *p* è seguita da un moto retrogrado dell'acqua nel tubo Q, moto cagionato dalla elasticità di questo tubo che dilatasi nel momento che precede l'urto, e si contrae poscia. La retrogradazione della colonna dell'acqua fa nascere una specie di vuoto dietro alla valvola di ritegno F, la quale premuta dal peso dell'aria esterna e da quello del gambo, è costretta ad aprirsi. L'acqua corre allora per l'apertura E, ripiglia la sua velocità, batte contro la paletta obbliqua, che fa risalire il gambo della valvola, cui la corrente stessa dell'acqua chiude perfettamente, ed ecco che succede un altr'urto e così in seguito.

282. Alcuni dotti sonosi occupati intorno alla teoria dell'ariete idraulico, ed hanno fatte delle sperienze per conoscere le leggi che regolano la sua azione. Fra questi tengono orrevol posto il sig. *Eytelwein* di Berlino che ha pubblicata in accorcio una bella memoria tradotta dal sig. *Girard*. I signori *Pino* e *Racagni*, dei quali leggesi una interessante dissertazione negli *Atti della società italiana delle scienze* al tomo 10; il sig. Brunacci, di cui le scienze piangono l'immatura perdita, il quale ha dato alla luce nel 1813 un trattato teorico, e sperimentale sull'ariete idraulico intitolato: *Trattato dell'ariete idraulico del cavaliere Brunacci;* ed il sig. *Dal Negro*, valente professore di Padova che ha pure eseguiti vari esperimenti su questa ragguardevole macchina.

283. Noi descriveremo le principali varietà degli arieti idraulici, dopo aver riferito i risultati più rilevanti delle sperienze incontrate dagli accennati soggetti.

ESPERIENZE DEL *BRUNACCI*

284. L'ariete impiegato da questo illustre uomo nelle sue sperienze, è quello descritto dalla *fig.* 8. *tav.* 14. Egli ha osservato da principio che ogni volta che la valvola di ritegno chiudevasi, il tubo Q provava una spezie di pulsazione, e si vedeva dilatarsi e contrarsi successivamente; ha osservato pure che in quell' istante la macchina soffriva una scossa violentissima che spingevala innanzi, e l'avrebbe scomposta, se non fosse stata costrutta con una sufficiente solidità.

285. Ecco i principali risultati delle sue sperienze.

1. Il tubo sagliente L, avendo una lunghezza determinata di tre metri, se l'acqua arriva allo sfogatore O *in due colpi dell'ariete*, ce ne vorranno otto per giugnere ad una doppia altezza, e diecisette ad un'altezza tripla.

2. La quantità dell'acqua, cui un certo numero di colpi dell'ariete fa uscir dallo sfogatore O, è tanto più grande, posta altronde ogni cosa eguale, quanto più piccola è l'altezza LO del tubo sagliente, per modo che il prodotto dell'ariete idraulico è tanto più vantaggioso innalzando l'acqua ad un'altezza minore.

3. La lunghezza del tubo o corpo dell'ariete Q ha molta influenza sul prodotto della macchina: quanto più è lungo, tanto maggiore si è la durata di ciascun colpo dell'ariete; talmente che se l'ariete batte 10 colpi in 20 secondi, quando il tubo ha dodici metri di lunghezza, ne batterà altrettanti in 14 secondi, riducendo la lunghezza del condotto ad otto metri, e in 10 secondi, ridotta a quattro.

4. La lunghezza del tubo Q rallenta la velocità dei colpi, ma d'altra parte questa lunghezza accresce la quantità dell'acqua che s'innalza ad ogni colpo; di maniera che quando il condotto aveva dodici metri di lunghezza, ed innalzava in dieci colpi una certa quantità d'acqua a tre metri d'altezza, riducendolo alla lunghezza di quattro metri, non ne alzava presso a poco più che un terzo. Così l'aumento della lunghezza del tubo Q produce nel medesimo tempo una perdita ed un vantaggio, dipendendo la perdita dal rallentamento della velocità, ed il vantaggio dalla maggior quantità dell'acqua innalzata ad ogni colpo; debbe dunque esservi una tale lunghezza che offra il massimo del prodotto, e sarebbe cosa utilissima il conoscerla; ma il *Brunacci* dichiara che il numero de' suoi esperimenti non è stato sufficiente a determinarla.

5. Se allontaniamo la paletta H dall'imboccatura E, si osserva che i colpi sono più lenti, perchè ci vuole più tempo prima che l' acqua abbia acquistata una sufficiente velocità per raggiugnere il piano inclinato, e farlo risalire; ma anche ad ogni colpo la quantità dell' acqua innalzata è maggiore. Abbiamo dunque un mezzo agevole per accrescere o diminuire la velocità dei colpi, stabilendo cioè la paletta H sul gambo, tanto che col mezzo di due viti possa essere avanzata, e tratta indietro. Questo ingegnoso meccanismo è dovuto al *Brunacci*.

6. La quantità dell' acqua perduta (così chiamasi quella che corre dall' apertura E) è tanto più grande, quanto meno i colpi sono celeri.

7. Il *Brunacci* ha esaminato ciò che avviene quando il serbatoio d' aria aumenta realmente la quantità dell' acqua cui l' ariete innalza, e l' esperienza gli ha dimostrato che se l' apertura del tubo ascendente è uguale o maggiore della imboccatura del tubo orizzontale, o corpo dell' ariete, il serbatoio d' aria non accresce punto la quantità dell' acqua innalzata: ma se l' apertura del tubo ascendente è minore, allora l' aria contenuta nel serbatoio genera infatto un aumento nella quantità dell' acqua innalzata; e tale aumento è tanto più grande, quanto essa apertura è più piccola, ritenuta ogni altra cosa eguale.

8. L' aumento, di che si parla, risulta maggiore quando la capacità del serbatoio è considerabile, ma sino ad un certo punto, passato il quale, questa capacità diventa più dannosa che utile. Imperocchè più c' è aria nel serbatoio, e maggior copia d' acqua entra ad ogni colpo, ma il numero de' colpi è altresì diminuito, per modo che vi ha una grandezza tale di serbatoio che presenta il massimo del prodotto.

9. Il serbatoio d' aria diminuisce lo scuotimento, cui l' urto tende di far provare alla macchina; ma quest' effetto non ha luogo se non nel caso ove l' apertura del tubo verticale sia minore di quella del tubo orizzontale, ed esso effetto è tanto più grande, quanto maggiore ridonda la differenza dei tubi.

286. Il *Brunacci* fece di poi moltissime sperienze sugli arieti di diverse dimensioni per conoscere la quantità dell' acqua elevata in un' ora, la quantità perduta nel medesimo istante, e il numero dei colpi dell' ariete. La tavola seguente comprende i risultati di vari esperimenti da lui fatti. Si dee notare che l' altezza della caduta dell' acqua impiegata, è stata costantemente di met. 1,172. Il diametro del tubo inferiore degli arieti è sempre stato di met. 0,1; quello del tubo sagliente di met. 0,0028, il serbatoio d' aria aveva met. 1,02 di altezza, e met. 0,29 di diametro;

Lunghezza del tubo orizzontale	Altezza del tubo verticale presa al disopra della valvola	Numero dei colpi dell' ariete in un' ora	Quantità dell' acqua innalzata	Quantità dell' acqua perduta
metri	metri		metri cubi	metri cubi
11,614	13,430	1384	0,7461000	15,1697355
	10,956	1636	1,0959627	15,1884344
	7,860	1756	1,6172552	15,4981545
	4,678	1894	2,5329846	14,9918627
7,936	13,430	2057	0,4824576	12,9902010
	10,956	2117	0,7907379	13,5333762
	7,860	2250	1,2243690	13,6944900
	4,678	2571	2,1749888	13,6944900
4,218	13,430	3130	0,2911148	13,3724240
	10,956	3428	0,5216948	14,0857189
	7,860	3428	0,7767670	14,0857189
	4,678	3600	1,4877324	14,2422696

ESPERIENZE DI *EYTELWEIN*

287. Le sperienze di *Eytelwein* combinano con quelle di *Brunacci* per provare che la caduta e l'altezza dell'ascensione influiscono sul rapporto degli effetti che producono gli arieti meglio disposti, e che tali effetti diminuiscono a misura che cresce il rapporto fra la caduta e l'altezza dell'ascensione; ecco un difetto particolare di questa macchina. La tavola appresso indica i progressi di sì fatta diminuzione.

Rapporto fra l'altezza dell' ascensione alla caduta.	Rapporto dell' effetto utile colla quantità della forza motrice spesa.
1 o eguaglianza fra le due altezze.	0,920.
2	0,837.
3	0,774.
4	0,720.
5	0,673.
6	0,630.
7	0,591.

8	0,555.
9	0,520.
10	0,488.
11	0,457.
12	0.427.
13	0,399.
14	0,372.
15	0,345.
16	0,320.
17	0,295.
18	0,272.
19	0,248.
20	0,226.

288. L'*Eytelwein* è d'avviso che nei casi, ove si tratti d' innalzar l'acqua ad un' altezza ragguardevole col mezzo d' una piccola caduta, sarebbe cosa più vantaggiosa servirsi di molti arieti atti a diverse altezze, anzicchè impiegarne un solo che innalzasse l' acqua di un solo getto. Il primo degli arieti scaricherebbe l' acqua in un serbatoio posto alcuni piedi al disotto del punto più alto del tubo ascendente; questa disposizione formerebbe una caduta d' acqua, la quale animerebbe un secondo ariete, il cui tubo orizzontale sarebbe collocato in detto serbatoio; da esso secondo ariete, l' acqua passerebbe ad un terzo, e così in seguito.

289. L'*Eytelwein* ha paragonato l' effetto d' un ariete a quello delle trombe mosse da una ruota a cassette, ed ha trovato; 1. che se l' altezza dell' ascensione è uguale a quattro altezze della caduta, l' ariete innalza quasi un settimo più d' acqua che le trombe; 2. che se l' altezza dell' ascensione è sei volte quella della caduta, gli effetti delle due macchine saranno eguali; 3. che se quest' altezza è superiore, l' ariete non potrebbe essere impiegato con profitto, quando non si aumentassero i suoi affetti adattando un ariete doppio, o a due piani.

290. L' ariete peragonato alle trombe mosse da una ruota a pale produce un effetto maggiore, se l' altezza dell' ascensione è dodici volte minore che quella della caduta; in quest'ultimo caso sono da preferirsi le trombe.

291. *L' Eytelwein* ha praticato pure delle indagini interessanti sulle dimensioni, e disposizioni più convenevoli alle differenti parti d' un ariete, ed ha riconosciuto

1. Che in niun caso è vantaggioso dare all' orifizio della valvola un diametro più piccolo di quello della corsìa, diminuendosi con ciò non solamente il rapporto degli effetti, ma eziandio la quantità dell' acqua da

innalzare. Sarebbe meno male ampliar l'apertura della valvola oltre il diametro della corsìa. Così perchè un ariete sia ben costrutto, conviene che l' orifizio della valvola di ritegno rimanga alquanto più grande della sezione trasversale o del diametro della corsìa.

2. Che quanto meno ha di lunghezza la corsìa, più la valvola dee aprirsi: e quanto meno si apre, più il rapporto fra la caduta e l' altezza dell' ascensione diminuisce.

3. Che è utile il non dare alla valvola di ritegno se non il peso necessario per assicurare la solidità dell' ariete.

4. Che la posizione più vantaggiosa della valvola di ritegno è quando è posta immediatamente vicino al serbatoio d' aria.

5. Che per determinare il diametro della corsìa meglio adattato all' ariete idraulico, non bisogna allontanarsi dalla regola pratica seguente. *Estrarre la radice quadrata della quantità dell' acqua impiegata, espressa in pollici cubi; e dividere il quoziente per* 25; e per determinare la lunghezza di questa corsìa, *prendere la lunghezza del tubo ascendente; più il valore doppio del rapporto della caduta coll' altezza dell' ascensione.*

6. Che il tubo d' ascensione debba essere addirizzato verticalmente senza curvarsi presso alla sua imboccatura; altrimenti sarebbe scosso troppo fortemente dall' urto dell' acqua contro la curva di detta imboccatura, e perderebbe così una parte della sua forza.

7. Che il diametro del tubo ascendente non sia troppo piccolo, e che la dimensione che gli s' addice meglio, è la metà del diametro della corsìa.

8. Che vi ha del vantaggio e dell' economia a costruire la corsìa, ed il tubo d' ascensione di metallo fuso, il serbatoio d' aria e l' incastro della valvola di rame, e tutte le valvole, e il rubinetto della corsìa d' ottone. Nelle macchine di grandissima dimensione si potrebbero usare gl' incastri delle valvole, e i serbatoi d' aria di bronzo. È necessario che la ventola della valvola di ritegno sia d' ottone ben battuto a freddo.

RISULTATI DI ALCUNE OSSERVAZIONI FATTE SOPRA DIVERSI ARIETI.

292. Sembra che il maggior ariete che si conosca sia quello che i signori *Watt* e *Bolton* hanno costrutto a Soho. La corsìa o tubo orizzontale di questo ariete ha tre decimetri e mezzo di diametro, è mosso da una caduta d' acqua di un metro d' altezza, ed innalza il fluìdo a 9 metri d' elevazione. Secondo *Montgolfier*, quest' ariete solleva in un giorno 224 metri cubi d' acqua.

Il sig. *Fay-Sathonay* di Lione ha fatto costruire nel 1807 un ariete mosso da una caduta di dieci metri e mezzo. La corsìa ha 36 metri di lunghezza, l'acqua è innalzata all'altezza di 36 metri da un tubo inclinato lungo 230 metri; la quantità dell'acqua motrice è di 83 litri e mezzo in un minuto; l'acqua innalzata è la quinta parte di tale quantità, il che ascende quasi a 24 metri cubi in un giorno.

(*a*) Un ariete costrutto a Senlis in casa del sig. *Turquet* spandeva in tre minuti 1639 litri; il prodotto nello stesso tempo era di 268 litri innalzati a 14 piedi e 2 pollici. La sorgente che poneva in azione questo ariete aveva 3 piedi e 2 pollici di caduta.

292. Nell'anno 12, fu fatta alla scuola politecnica un'esperienza sopra un ariete. L'altezza della caduta era met. 1,82, quella dell'ascensione metri 11,66; il tubo della colonna attiva aveva 54 millimetri di diametro, e 10 metri di lunghezza; il tubo ascendente formato di latta, aveva due centimetri di diametro, e metri 11,66 di elevazione; la totale sua lunghezza era met. 32,67. La valvola di effusione chiudevasi da 40 a 42 volte al minuto.

Acqua caduta in dieci minuti . . . . . 493,7 Litri
Acqua innalzata nello stesso tempo . . . 51,8

293. Un ariete costrutto da *Montgolfier* a Parigi, strada Giudei ha dato i seguenti risultati. La caduta era di met. 2,6; la colonna attiva aveva met. 0,108 di diametro; la colonna passiva met. 0,054 di diametro e metri 10,4 di lunghezza. Il condotto d'elevazione, compresovi il tubo ascendente, era di met. 29 di lunghezza, il suo diametro interno metri 0,127; l'altezza a cui l'acqua era innalzata, met. 16,06; la valvola d'effusione chiudevasi 104 volte in ogni minuto.

Acqua spesa in dieci minuti . . . . . 676 litri.
Acqua innalzata nel medesimo tempo . . . 62,4.

294. Si distinguono tre sorta di arieti: 1. gli arieti semplici a tubi fissi; 2. gli arieti aspiratori; 3. gli arieti a tubi mobili.

ARIETI SEMPLICI A TUBI FISSI.
(*Tav.* 15, *fig.* 1, 2, 6 *e* 8.)

295. Si conoscono varie spezie di arieti semplici costrutti sullo stesso principio, ma che sono diversi per la disposizione delle loro parti adattate ai luoghi, ove debbono essere collocati. Così, tutti questi arieti hanno una corsìa a capo della quale si trovano le due valvole di ritegno

(*a*) Giornale delle miniere.

e d' ascensione, l' ultima delle quali è sormontata dalla campana d' aria, d' onde parte il tubo sagliente; ma se l' ariete dee ricever l' acqua di un serbatoio, si dispone nel modo indicato dalla fig. 1. (*tav.* 15.) Se poi dee ricevere immediatamente l' urto d' una corrente, gli si dà una forma analoga a quella dimostrata dalla fig. 8.

297. La fig. 4 (*tav.* 8.) rappresenta l' ariete come fu costrutto da *Montgolfier* negli ultimi anni della sua vita. Questo ariete è supposto adattato ad un ruscello, le cui acque si sono fermate e sostenute alla maggiore loro altezza col mezzo di un muro. — A denota il livello superiore delle acque sul muro. — B muro. — C serbatoio, o edificio a volta chiuso da una porta. — DD sezione del terreno sul quale è posta la macchina. — E grata di ferro innanzi l' ingresso del corpo dell' ariete. — FG ingresso del corpo dell' ariete allargato a foggia d' imbuto per agevolare l' entrata dell' acqua. Questo pezzo è fermato con calce e cemento nel forte del muro. — HH parte del primo e dell' ultimo tubo formante il corpo dell' ariete. La lunghezza totale di questo condotto varia dai 50 sino ai 100 piedi secondo le altezze della caduta, e quelle dell' ascensione; il suo diametro è lo stesso che quello dell' ariete. — I testa dell' ariete propriamente detta. K L tubo di scolo per le acque spese dall' ariete. — MM dado di pietra per reggere i tubi e la testa dell' ariete. — N taglio occorso per l' allontanamento del muro B dal serbatoio, o edificio a volta che non si è potuto eseguire su questa scala.

298. Passiamo ora a descrivere partitamente la testa dell' ariete.

— *a* serbatoio d' aria che comunica colla testa I per il buco che viene chiuso dalla palla, o valvola d' ascensione *c* — *b*, porta valvola d' ascensione guernita di rotelle di cuoio in fondo, — *e* palla o valvola di ritegno concava di metallo. — *f* grande orifizio dell' ariete pel quale escono le acque, armato di rotelle di cuoio. — *g*, sorta di musoliera composta di sei gambi di metallo per trattener la palla *e* ad una distanza convenevole dall' orifizio. Ve n' ha una simile, ma più piccola alla palla d' ascensione *c*.

— *h* origine del tubo d' ascensione riunito al serbatoio d' aria *a* col mezzo di due staffe; e da viti di ferro. Questo si distende due piedi sotto terra, purchè non ci sia alcun ostacolo sino al termine ove debbono essere condotte le acque munendolo nel punto *h* di un piccolo rubinetto, per votarlo nei gran geli, e nel tempo dei ristauri.

299. S' impiegano per la costruzione del corpo dell' ariete FGH il ferro fuso, il rame battuto, piombo colato, pel tubo d' ascensione *h*, il ferro fuso, il rame battuto, il piombo colato, e passato per trafila, ed anche il legno per le piccole altezze. Le teste degli arieti sono di ferro fuso, o di rame.

Il muro A può essere surrogato da un semplice argine di terra sostenuto da pali intrecciati di vimini, ed il serbatoio o edificio a volta C da una cassa col suo coperchio di legno, il tutto di quércia.

Si ha cura di porre un piede o due innanzi all'ingresso del corpo dell'ariete, una grata di ferro, rame, piombo, o legno bastantemente fitta da opporsi all'entrata dei giunchi, fogliame, ed altri corpi estranei; essendo d'uopo che il complesso dei pertugi cui presenta, superi cinque volte almeno la superficie d'una sezione del tubo, usando diligenza che venga nettata spesso.

300. Si osservano in questa macchina i seguenti miglioramenti.

1. L'allargamento dell'ingresso del corpo dell'ariete, seguendo una curva che favorisce più che sia possibile l'accesso delle acque, ed aumenta con ciò il prodotto della macchina.

2. Le palle concave di metallo sostituite alle valvole a cerniera di ritegno e d'ascensione, che offrono più semplicità e solidezza, sono meno soggette ad essere fermate dal passaggio fortuito d'un corpo estraneo, e più facili a rimpiazzarsi in caso di un evento. E poichè esse impediscono meno il corso dell'acqua, ne accrescono perciò il prodotto.

3. L'aggiunta della piccola valvola d'aspirazione, che serve ad introdurre ad ogni pulsazione una quantità d'aria nella testa dell'ariete, d'onde è cacciata poscia dalla pulsazione che segue nel serbatoio *a*, il quale serbatoio sarebbe ben tosto riempiuto d'acqua, se non fosse continuamente restituita con tal mezzo l'aria assorbita pel contatto dell'acqua sotto una forte pressione.

4. Lo spazio compreso fra la porta valvola d'ascensione *b* e le pareti interne della testa dell'ariete contiene un volume d'aria che non può essere cacciato nel serbatoio, ma che ad ogni colpo dell'ariete si comprime, e riceve il primo sforzo delle acque in moto. Ne risulta da ciò che la chiusura delle palle, o valvole fa meno strepito, e che tutte le operazioni procedono con più lentezza: la macchina poi è meno scossa, e meno soggetta a' ristauri.

ARIETI A SIFONE (*tav. 15. fig. 2. e 6.*)

301. Supponiamo che una porzione d'acqua si scarichi dalla parte superiore del sifone col mezzo di una valvola collocata all'ingresso del serbatoio d'aria.

Mercè di una tale disposizione, la corrente dell'aria stabilita nel sifone chiuderà la valvola di ritegno, quando l'impulso dell'acqua sarà bastante a superare l'azione del contrappeso che la teneva aperta; allora la massa dall'acqua in moto ch' empie il primo braccio sarà

trattenuta ad un tratto, ed una porzione di essa uscita dalla valvola. La corrente dell'aria sarà pertanto interrotta nel braccio corto del sifone, ma l'acqua che trovasi nel lungo braccio continuerà a muoversi, mentre la valvola di ritegno sarà chiusa, e il vuoto cui tenderà a produrre, sarà riempiuto dall'acqua che l'aria nel rarefarsi farà uscire dal serbatoio.

302. Ci siamo proposti (fig. 6.) di far passar l'acqua motrice sopra di una collina od un muro, ed alzarne una parte ad un'altezza indefinita. Per adempiere siffatte condizioni, la valvola di ritegno è posta all'estremità inferiore del lungo braccio del sifone CX. Allorchè questa valvola si chiude per l'azione della corrente nel sifone, lo sforzo dell'acqua che trovasi tutto ad un tratto fermata, apre la valvola, e quindi una porzione dell'acqua passa nel serbatoio d'aria, e s'erge nel tubo DD all'altezza che si desidera.

303. Per metter in moto la macchina (fig. 2.) basta riempier d'acqua i sifoni, o col farla salire per succhiamento, o con introdurla dalla parte superiore dopo aver chiuse le due estremità inferiori dei bracci, giacchè stabilita che sia una volta la corrente, il moto di coteste macchine sussiste da se stesso, e continua ad aver luogo senza interruzione.

ARIETI A FLUSSO, E RIFLUSSO (*tav.* 15. *fig.* 4, *e* 7.)

304. Questi arieti deggiono avere due valvole di ritegno, due d'ascensione, due serbatoi d'aria, e finalmente due tubi salenti; in somma sono due arieti congiunti insieme, l'uno de quali serve pel flusso, e l'altro pel riflusso. Le fig. 4 e 7 indicano due disposizioni d'ariete a flusso, e riflusso. Nell'una e nell'altra figura, CC denota la corsia, BB le valvole di ritegno; AA le valvole d'ascensione, II i serbatoi d'aria, e DD, i tubi saglienti. Gli arieti a flusso e riflusso sono destinati a sollevar l'acqua del mare per le saline, o per altri usi.

ARIETI ASPIRATORI (*tav.* 15. *fig.* 1, *ed* 8.)

305. Gli arieti aspiratori si distinguono dagli arieti semplici per avere oltre le parti che compongono questi ultimi, un tubo verticale posto al disotto del serbatoio d'aria, e che serve di tubo d'aspirazione. Siffatta macchina è atta in certi casi, ove l'acqua che fa d'uopo innalzare, sia più bassa del livello della corrente disponibile. Noi potremmo forse valercene per esaurir l'acqua della stiva di un bastimento, ponendo a profitto il moto stesso di esso.

La valvola d'ascensione A è collocata fra il canale ed il serbatoio

d'aria — B mostra la valvola di ritegno armata del contrapeso che serve ad aprirla. — C corsìa. — D tubo d'aspirazione adattato al serbatoio d'aria — E serbatoio d'aria.

306. Tosto che l'acqua ha acquistata nella corsìa una conveniente velocità, la valvola di ritegno si chiude ed impedisce all'acqua d'entrarvi. Quella ch'empie essa corsìa continuando a muoversi, strascina seco una porzione dell'aria che occupa il serbatoio, e che si dilata. Nel medesimo tempo l'acqua inferiore s'innalza nel tubo aspiratore ad una altezza proporzionata alla rarefazione dell'aria nel serbatoio. Quando la massa dell'acqua ha perduta la sua celerità nella corsìa, la valvola di ritegno si apre, l'acqua ripiglia la primiera sua velocità nel canale, ed allora si rinnovano gli stessi effetti, cui abbiamo descritti. Dopo molti reiterati colpi, l'acqua inferiore che si è innalzata gradatamente nel tubo d'aspirazione, si scarica nel serbatoio d'aria, e di là nel canale, d'onde è trasportata coll'acqua della corrente.

307. Prima di descrivere gli arieti a tubi mobili, non sarà cosa inutile l'esaminare la struttura delle diverse valvole che sono state proposte.

VALVOLE.

308. *Montgolfier* preferiva a tutte le altre valvole, le palle trattenute sulle aperture che debbono chiudere, mediante una sorta di gabbia formata coll'unione di alcuni gambi di rame o di stagno; queste palle sono ricevute fra le pareti interne di dette aperture, ove si assettano sopra d'una guarnitura composta di strisce di tela tagliate diagonalmente alla direzione de' suoi fili. Queste strisce dopo di essere state immerse nel catrame caldo, sono ravvolte per più giri intorno ad un cerchietto di piombo del diametro un quarto minore di quello della palla che si adatta in certo modo ad esso cerchio, il che non lascia assolutamente alcun passaggio all'acqua. La forma affatto sferica di coteste palle, fa sì che poco cale per qualunque parte vengono ad applicarsi sulle pareti dell'apertura. Una tale disposizione previene ogni sconcerto, e le palle di una materia dura e levigata, strette, e soffregate ora in un punto, ed ora in un altro, non soffrono verun cambiamento di figura neppure quando hanno servito lunghissimo tempo.

309. Dopo di aver provate le palle tanto vuote che solide di un gran numero di sostanze, il sig. *Montgolfier* figlio ha conosciuto che si dovrebbero preferire nella pratica le palle piene e di agata, se potessimo procacciarcene agevolmente e con poca spesa, che fossero perfettamente sferiche, ma soltanto pei diametri di 3 pollici e meno, poichè oltre a questo termine si deggiono anteporre le palle concave di rame o di ferro

fuso, d'una grossezza tale che non pesino più di due volte il volume dell'acqua che rimuovono.

310. L'uso di siffatte palle è stato indicato dal *Belidor* e da altri autori; ma sembra che, per non aver impiegate le precauzioni da noi descritte, si siano incontrati in pratica dei difetti, che le avevano fatte trascurare sino al presente.

311. La valvola di ritegno dell'ariete si chiude mediante l'impulso della corrente dell'acqua nella corsia, ma fa d'uopo una forza estranea per aprirla. S'impiegano perciò a quest'effetto ora una molla a spirale, che prema contro la coda di questa valvola, ora un peso posto all'estremità di un gambo, e adattato alla valvola, per modo che faccia un angolo retto col suo piano. Cotesto peso debbe essere collocato in guisa da potersi allontanare, od accostare alla valvola, facendogli percorrere un certo spazio lungo il gambo; esso viene fermato con una vite di pressione.

312. Il sig. *Brunacci* ha dato a questo peso una forma ingegnosissima, riunendo nel punto più basso due piani inclinati come appare dalla figura 8. Quando la valvola F è aperta, il peso H trovasi nella posizione accennata dalle linee punteggiate; allora l'acqua vien fuori liberamente, il peso o la paletta H debbe trovarsi ad una distanza tale dalla estremità della corsia, che il getto d'acqua che n'esce, vada a percuotere il piano inclinato, cui essa corsia presenta, quando la corrente ha acquistata la dovuta velocità. Questo peso urtato obliquamente sforza il gambo a risalire; la valvola cominciando a chiudersi, dà adito alla corrente che la chiuda perfettamente. Quando poi la velocità di essa corrente è stata annichilita, il peso H, aiutato dal moto retrogrado della massa dell'acqua contenuta nella corsia, apre la valvola. Si comprende facilmente che con tale disposizione semplice ed ingegnosa nell'istesso tempo, si ha il potere di accelerare, o ritardare i colpi dell'ariete, i quali saranno tanto più rapidi, quanto più la paletta sarà vicina alla valvola. *Nel Trattato delle composizioni delle macchine*, noi abbiamo esposte diverse valvole immaginate dal *Bolton* che hanno il difetto di essere troppo complicate, ed ecco perchè ci asterremo di tesserne una minuta descrizione; del resto si potrà concepirne agevolmente il giuoco, dando un'occhiata alle figure 7, 14, 15, 16, 17, e 22 della *tav.* 33 del trattato suddetto.

ARIETI A TUBI MOBILI.

Macchine di Demours. *Tav.* 15, *fig.* 5.

313. Questa macchina che fu approvata dall'Accademia delle Scienze è forse la più antica di siffatte invenzioni. Un tubo inclinato *a b* è fissato nelle estremità dei bracci orizzontali *c* e *d* piantati sull'albero verticale *f* che serve di asse, l'estremità inferiore *b* del tubo s'attuffa nell'acqua di un bacino. Quando si fa girare questa macchina con una bastante velocità in forza della manovella *e* o in altro modo, l'acqua esce per l'orifizio superiore; cotesto effetto è dovuto alla forza centrifuga di tutte le particelle dell'acqua che riempiono il tubo.

314. Questa invenzione è stata riprodotta in varie epoche con alcune modificazioni. Perciò il sig. *Ducrest* ha costrutta la sua tromba girante (vedi *saggio sulle macchine idrauliche*); il sig. *Vialloh*, il suo doppio serpentello (vedi *Giornale di fisica* quaderno d'Aprile 1798); *Bolton*, il suo ariete girante a tubo verticale; ed il sig. *West*, la sua spirale girante. Noi ci limiteremo a descrivere queste ultime due.

ARIETE GIRANTE A TUBO VERTICALE DEL *BOLTON* (*tav.* 15, *fig.* 3.)

315. *a* è un serbatoio d'aria circondato dal tubo *b b* ricurvo a foggia di spirale, che può compiere uno o più giri intorno a questo serbatoio, toccarlo immediatamente, o restarsene in qualche distanza, immerso però affatto nell'acqua. La sua estremità opposta a questo fluido, o quella che si presenta innanzi la prima quando la macchina è in moto, è sempre aperta. L'estremità posteriore di detto tubo è corredata di una valvola di ritegno che si apre di fuori in dentro. Immediatamente appresso a questa valvola è adattato un tubo laterale che corrisponde col serbatoio d'aria, ed è armato di una valvola d'ascensione. Tutta la macchina gira nel piano orizzontale sul perno *k* e fa girare con essa il tubo sagliente *d* che serve di asse, ed è mantenuto nella posizione verticale dal collare *l* in cui si muove. Il moto di rotazione di tale apparecchio deve essere costante, e nella medesima parte.

Ecco ora qual è l'azione di questa macchina. Una potenza qualunque applicata ad una manovella stabilita sulla ruota dentata *n* fa girare tal ruota, e per conseguenza la ruota *m* nella quale ingrana, ed è innalzata essa medesima sul tubo *d*. Ogni volta che il tubo principale ha acquistato, rapporto all'acqua che contiene, una convenevole celerità, la valvola di ritegno si chiude, mentre quella dell'ascensione si apre, l'acqua passa nel recipiente d'aria per innalzarsi in cima al tubo sagliente,

d'onde si scarica in un bacino rotondo che la guida al suo destino. Qualora all'opposto la valvola di ritegno è chiusa, e l'acqua sta relativamente morta nel tubo principale (che per ipotesi è sempre in moto), una molla obbliga tosto la valvola di ritegno ad aprirsi. Questi effetti sono alternativi, ed accadono per intervalli proporzionati alla velocità della rotazione del tubo. La molla debbe essere conformata in guisa che possa cedere all'impulso relativo, od alla resistenza del fluido, e permettere alla valvola di ritegno di chiudersi quando occorre.

SPIRALE DEL SIG. *WEST* (*tav. 7, fig. 14.*)

3[illegible]6. Questa macchina semplicissima è composta di due tubi di piombo voltati a spirale in varie direzioni intorno ad un sol albero massiccio.

Il primo di questi tubi marcato *a* fa l'uffizio di ricettore, cioè riceve l'azione della corrente dell'acqua condotta dal canale *d*, e trasmette il moto a tutta la macchina. L'acqua motrice che attraversa cotesto tubo, agisce pel proprio peso e lo sforza a girare sul suo asse. Il secondo tubo *l* agisce per la forza centrifuga, solleva una parte dell'acqua del serbatoio *m* nell'altro serbatoio *p* posto ad una maggiore altezza. Il diametro del tubo *b* deve essere tanto più piccolo quanto più grande è l'altezza perpendicolare.

LIBRO SECONDO

Macchine idrauliche che innalzano l'acqua pei bisogni domestici, e pei lavori dell'agricoltura.

317. Questo libro comprende cinque capitoli; il primo tratta dei pozzi, delle cisterne e delle macchine a ciò opportune; il secondo del modo di somministrar l'acqua a numerose popolazioni, e distribuirla convenientemente; il terzo racchiude la descrizione delle trombe per gl'incendi; e finalmente gli ultimi due capitoli versano sulla descrizione delle macchine dagli agricoltori impiegate nei lavori d'irrigazione, e di diseccamento.

CAPITOLO PRIMO.

Pozzi, cisterne, e macchine a ciò opportune.

POZZI.

318. Si distinguono due spezie di pozzi: i comuni che sono buchi profondi scavati al disotto della superficie dell'acqua, ed incamisciati di mattoni; e i *pozzi forati*, ove l'acqua si conduce da se stessa in un bacino posto ad una certa altezza, senza che occorrono mezzi artificiali per alzarla.

POZZI COMUNI.

319. Questi pozzi, la cui bocca è comunemente rotonda, hanno d'ordinario quattro piedi di diametro.

320. Vi sono dei pozzi che servono a due case contigue, i quali sono ovali, divisi da un tramezzo di pietre, il quale tramezzo scende alcuni piedi sotto la superficie superiore dell'orlo, o *sponda*.

321. I pozzi si costruiscono ordinariamente in questo modo. Quando nello scavare si è trovata l'acqua, e che è giunta all'altezza di cinque o sei piedi, si colloca in fondo del pozzo un cerchio di legno di quercia, soprapponendovi cinque o sei fila di pietre scarpellate, murate con buona calce, e ben connesse. Alzando di poi il resto di tal pozzo con un muro di mattoni o macigni fino a tre pollici al di sotto del livello del terreno, e terminandolo in fine con tre fila di pietre di taglio perfettamente unite.

322. Fra i pozzi più rinomati si distinguono i seguenti:

Il pozzo di Bicêtre che somministra l'acqua opportuna ai numerosi abitatori di quella casa che serve nell'istesso tempo di spedale, e di prigione. Questo pozzo ha 15 piedi di diametro, e 105 di profondità.

Il pozzo del conte *Spencer*, cui questo signore inglese fece scavare nel 1793 nella sua villa di *Wimbledon*, e gli costò cinquanta mila franchi. La sua profondità è di piedi 600, e l'acqua vi si è alzata più di 350 piedi.

323. *Il pozzo della cittadella di Torino* rimarcabile per i due rami di scala che girano l'uno sopra dell'altro, e col mezzo de' quali possono i cavalli salire, e scendere senza incontrarsi.

324. *Il pozzo del Cairo* conosciuto sotto il nome di *pozzo di Giuseppe* offre come il precedente la particolarità di essere circondato da un ramo di scala a dolce declivio. Questo celebre pozzo è tutto scavato sul masso, la totale sua profondità è di piedi 280. Ha due piani, o dirò meglio, è composto di due pozzi, uno sopra l'altro, i cui assi verticali non si corrispondono fra loro. Il primo pozzo che ha piedi 42 di circonferenza, comunica con un suolo aperto, ove si trovano la bocca del pozzo inferiore, una peschiera che riceve l'acqua sollevata dal fondo di detto pozzo mediante una macchina idraulica, e finalmente il luogo che occupa essa macchina mossa da' bovi. Un' altra macchina simile fa salir quest'acqua nel serbatoio superiore. Il ramo di scala che circonda il primo pozzo è separato dal pozzo stesso per un tramezzo scavato nella rupe, avente soltanto sei pollici di grossezza: ivi sono praticate delle finestre in certa distanza fra loro, che tramandano una debole luce su quel ramo di scala; ma come che questa luce non è sufficiente per camminarvi sopra, fa mestieri accendere delle fiaccole.

325. Ne' chiostri di alcuni ricchi conventi d'Italia, si veggono pozzi abbelliti con magnificenza, e dove il lusso ha esausti i più vaghi ornamenti dell'architettura, e della scultura. Alcuni sono circondati di colonne di marmo che sopportano ora un' elegante cuppola, ed ora un frontispizio. Statue, bassi rilievi, arabeschi aumentano la ricchezza di siffatti pozzi che si possono considerare come veri monumenti.

POZZI FORATI.

326. In vari siti vi sono delle correnti d'acqua fra due strati d'argilla, o di sasso impermeabili e di grande estensione, poste talvolta a molta profondità.

Quando una di queste correnti corrisponde al luogo, ove abbiamo

in animo di scavare un pozzo, basta traforare lo strato superiore, per far salir l'acqua, la quale s'ergerà da se stessa ad un'altezza corrispondente a quella della fonte che somministra l'acqua della corrente; e nel caso in cui la fonte sia più alta del suolo, l'acqua zampilla fuori del pozzo, e se ne scorre. Sovente si ottiene in cotal modo inaspettatamente una corrente d'acqua perenne in luoghi, che sembravano condannati ad una assoluta privazione di così prezioso vantaggio.

327. I pozzi dotati della felice proprietà, cui abbiamo annunziata, si chiamano comunemente *pozzi forati*, ed anche *pozzi artesiani*.

328. (*a*) Per formare tal sorta di pozzi, si scava prima un bacino di un'arbitraria grandezza, il cui fondo deve essere più basso del livello, al quale il fluido può salire da se medesimo; si prende poscia un palo d'una competente lunghezza e grossezza, si fora per tutta la sua estensione colle trivelle ordinarie un buco di tre pollici di diametro fortificando di ferro esso palo nelle due estremità, e cercando di rendere più aguzza che sia possibile quella parte che va conficcata nel terreno coll'aiuto del maglio, ed allorchè non c'è via di farla entrare più addentro, si adopera la trivella che finisce di forare il pozzo, introducendo questa nel buco fatto dal palo per forare tutti gli strati che s'incontrano, e procurando di vuotarlo mano a mano dalla terra onde si riempie. Se poi la lunghezza di tal trivella non basta per arrivare fino all'acqua, vi s'innestano tanti gambi quanto la profondità lo richiede; continuando a forare ed a vuotare il buco successivamente sinchè siasi trovata l'acqua in abbondanza, la qual cosa si conosce tosto che sale lungo il palo fino al di sopra, ed allora si fa uso d'un tubo di piombo per condurla nel bacino.

329. Trovata che siasi una volta l'acqua viva, e che veggiamo scaturirne in copia, conviene guardarsi bene di non forar più innanzi, per tema di aprire gli strati di sasso, o di argilla che fossero al di sotto dell'acqua, giacchè potrebbe accadere che trovando un'uscita più agevole a percorrere della via del buco, cessasse di salire sull'istante, od a capo a qualche tempo.

330. Si costruiscono pozzi di tal sorta in Fiandra, in Germania, ed Italia, Il *Cassini* narra nelle *Memorie dell'Accademia reale delle Scienze*, che in vari luoghi del territorio di Modena, se ne veggono de' somiglianti, ma che si fanno diversamente. Si scavano fino all'acqua, quindi si opera un doppio incamisciamento; riempiendone il tramezzo d'argilla ben battuta, dopo di che si prosegue a scavare più addentro,

(*a*) Belidor *Scienza degli Ingegneri*, Lib. IV, cap. 12.

e ad incamisciare come prima, sino a tanto che s'incontrino sorgenti che spicchino gagliardamente: allora si fora il fondo con una trivella, e compiuto il buco, l'acqua sale, e riempie non solo il pozzo, ma diffondesi eziandio su tutta le campagna, cui innaffia continuamente.

331. Il *Cassini* fece costruire a Forte Urbano una fontana, l'acqua alzavasi naturalmente a 15 piedi di altezza sul livello del terreno, d'onde poi cadeva in una vasca di marmo destinata ad uso pubblico, ed avendola sostenuta con tubi, ergevasi sino alla sommità delle case.

332. Nella Bassa Austria, paese circondato dalle montagne della Stiria, gli abitatori si procacciano l'acqua quasi nel modo stesso, escavando cioè da principio il terreno finantochè trovano l'argilla; allora prendono un sasso grosso sei pollici, bucherato in mezzo, e forano lo strato d'argilla per entro a questo buco, sino a tanto che il fluido salga con impeto, e riempia il pozzo.

CISTERNE.

333. Si attribuisce il nome di cisterna ad un serbatoio sotterraneo destinato a conservare e a ricevere le acque piovane.

Le cisterne sono di un grandissimo vantaggio nei paesi marittimi come l'Olanda, e Venezia. Potrebbero essere vantaggiose del pari in una moltitudine di luoghi, ove si è ridotto a bere durante la state l'acqua dei ristagni torbida, e spesse volte corrotta, ed ancora nei luoghi elevati, i cui abitatori sono costretti di andar lontano, e con grave dispendio a cercar l'acqua che loro è necessaria.

334. Spesso altresì la costruzione di una cisterna, benchè costosa, esige meno spesa di quella dei pozzi profondissimi.

335. L'esperienza ha dimostrato, che l'acqua delle cisterne è ottima a bersi, e buona per gli altri usi domestici.

336. Leggesi in una memoria del sig. *De la Hire* (*Memorie dell'Accademia delle Scienze* 1703.) il computo seguente, il quale prova, che nella maggior parte dei paesi abitati, si può scavando delle cisterne procurarsi abbondantemente l'acqua opportuna al bisogno de' suoi abitatori.

337. Cade in ciascun anno, asserisce il sig. *De la Hire* sulla superficie della terra 18 a 22 pollici d'acqua di altezza. Le eccezioni di questa legge generale sono rarissime.

338. Ogni casa che abbia 40 tese di superficie, coperta di tetti, può raccogliere all'anno 2160 piedi cubi d'acqua, prendendone soltanto 18 pollici dell'altezza di quella che cade, la quale è la minor quantità che si osservi comunemente. Questi 2160 piedi cubi equivalgono a 75600

pinte d'acqua in ragione di 35 pinte per piede. Dividendo dunque un tal numero per li 365 giorni dell'anno, ne verranno 200 pinte al giorno. Scorgesi da ciò, che quando vi fosse in una casa come quella che si suppone, venticinque persone, ognuna di loro avrebbe 8 pinte d'acqua da consumare al giorno.

339. Non c'è podere che mantenga due paia di bovi soltanto da lavoro, i tetti della cui fabbrica non eccedino di molto 40 tese di superficie; e chiaro essendo parimente che un simile podere non è giammai abitato da più di sei od otto individui, e che la sola acqua piovana è più che bastante al bisogno degli uomini, e degli animali.

340. Il Palladio insegna parlando delle cisterne *che l'acqua del cielo è talmente preferibile a tutte le altre per uso di bevanda, che quando potessimo procacciarcene della corrente, non si dovrebbe impiegar questa che nei lavacri, nelle irrigazioni dei giardini.*

341. Questo grande architetto offre le indicazioni seguenti per costruire le cisterne. Si formeranno egli dice, colle debite misure, ponendo cura di farle più lunghe che larghe, circondandole di muri diligentemente eretti. Il suolo poi, tranne gli scolatoi, sarà consolidato con un buon letto di rottami, sul quale verrà disteso dello smalto fatto di mattoni e calce, che terrà luogo di pavimento. Si pulirà poscia esso pavimento colla maggiore accuratezza possibile sino a tanto che sia divenuto lucido, fregandolo sempre col grasso caldo; e quando sarà ben secco, e non rimarrà più umidità atta a cagionare delle crepature in alcuna parte, si copriranno i muri egualmente d'un intonaco simile, non introducendovi l'acqua se non quando sarà perfettamente asciutta ogni cosa.

342. Ecco come si ripara alle crepature per ove l'acqua potrebbe uscire. Si pigli una certa quantità di pece liquida, a cui si aggiunga una quantità eguale di grasso o di sego, si getti il tutto in un vaso, si faccia cuocere sinchè sale la schiuma, dopo ciò si ritiri dal fuoco. Tosto che questo mescuglio sarà raffreddato, si asperga di calcina sottilissima agitandolo convenientemente per farne una specie d'impasto che s'introdurrà nelle crepature, guardando di ben pigiarlo.

343. Il modo più economico e più spedito per costruire una cisterna, è quello di formare il muro, ed il fondo o pavimento, di *smalto* (*a*) si assegna ordinariamente al pavimento una grossezza di 12 a 18 pollici. Se possiamo ottener di leggieri buona argilla, sarà ottimamente fatto distendere uno strato sul suolo, batterlo bene, e ispessirlo prima di formare lo strato di smalto.

(*a*) Lo smalto è un miscuglio di ciottolini, o frammenti di pietra uniti con calce.

344. *De la Hire*, avendo osservato che in varie città della Fiandra, le cisterne sono una spezie di grotte sotterranee, dove l'acqua si conserva assai meglio che ne' serbatoi scoperti, vorrebbe che si costruisse in ogni casa un piccol luogo, in cui il pavimento fosse alzato da sei piedi circa sopra il livello del terreno, che esso luogo non avesse al più che la quarantesima parte della superficie della casa, fosse ben fabbricato a volta con muri forti e grossi, e contenesse un serbatoio di piombo da ricevere tutta l'acqua piovana dopo di essere passata per mezzo alla sabbia. Non ci vorrebbe che una piccolissima porta massiccia, corredata di stuoie di paglia per impedire al gelo di penetrare sino all'acqua. Con siffatto espediente potremmo distribuire agevolmente un' acqua perfettissima per le cucine, e pei lavacri. Quest' acqua così racchiusa non si coromperebbe niente più che se fosse sotto terra, nè gelerebbe mai.

345. Le cisterne di Venezia sono rimarcabili per la loro accurata costruzione. Se ne contano più di 160 pubbliche, l'acqua delle quali è eccellente quando è stata in riposo qualche giorno dopo la pioggia, ed è sufficiente ai bisogni della numerosa popolazione di sì illustre città, fuori delle epoche di grande siccità, in cui si è costretto a procacciarsi l'acqua della Brenta, fiume del Padovano.

346. Queste cisterne sono costrutte nel modo seguente: i due muri cilindrici, e paralleli le circondano; essi sono di mattoni immersi ad una profondità di dieci o dodici piedi sotto il terreno; il muro interno lascia un' apertura di quattro piedi di diametro, laddove quella del muro esterno è di circa dieci o dodici. Quest' ultimo muro è circondato d'argilla che forma una spezie di tura impenetrabile all'acqua salsa di che è pregno il terreno; il fondo della cisterna compreso fra i due muri è quello che corrisponde coll'apertura del muro interno, sono egualmente coperti d'argilla, e di un pavimento di mattoni. Un voltino anulare copre lo spazio fra i due muri, dove si sono praticati tre o quattro pertugi, ciascuno de' quali è coperto di una pietra forara.

347. Il muro interno è sormontato da un parapetto, o accerchiamento cilindrico che ergesi al di sopra del suolo, e che è fondato in masso di pietra d'Istria. Per lo più, questo accerchiamento è abbellito d'ornamenti, e di sculti fregi.

348. Ammirasi nella corte del palazzo ducale due sponde di pozzo, di bronzo, decorate di bassi rilievi, e d'arabeschi d'un gusto squisito, e perfettamente modellate da *Riccio* valente artista di Padova.

349. L'acqua piovana che cade sui tetti delle case, sulla superficie delle strade, dei cortili, delle pubbliche piazze è diretta da pendii maestrevolmente combinati verso i pertugi delle cisterne. Il vago lastricato di questa città composto tutto di lastre regolari di duri macigni,

favorisce singolarmente lo scolo dell' acqua. E qui ci sovvenga che niuna sorta di vetture battono le strade di Venezia, che i cavalli non possono girare; e per conseguenza il selciato di coteste strade è pulito quanto quello dei passeggi coperti di Parigi. Nulladimeno si ha cura di coprir di sabbia lo spazio esistente fra i due muri della cisterna, talmente che l' acqua è costretta ad attraversare questa sabbia, e deporvi le lordure, che potrebbe strascinar seco pria di penetrare nel pozzo formato per il muro interno.

350. Colla costruzione descritta, sono giunti da una parte a rendere le cisterne di Venezia impenetrabili all' acque salse, e dall' altra a purificare l' acqua piovana che le alimenta.

351. Di tutte le cisterne conosciute, la più rinomata è quella di Costantinopoli. Le sue volte sono sostenute da due ordini di pilastri di 212 l' uno, i quali hanno due piedi di diametro, e sono piantati circolarmente, e come raggi che tendono al pilastro di centro.

352 Il Conte di *Caenarvon* ha fatto costruire a Newbury sopra di un' eminenza, ed in un suolo ghiaioso due pozzi ragguardevoli, l' uno de' quali è destinato a raccoglier l' acqua piovana che cade sui tetti della sua villa, e sugli edifizi che lo circondano, e l' altro serve di filtro.

353 Questi due pozzi assai vicini hanno 30 piedi di profondità sopra 4 di diametro. Sono formati di un muro di mattoni, dietro il quale è posto un denso strato d' argilla, e comunicano fra loro col mezzo di un tubo di piombo orizzontale collocato due piedi al di sopra del fondo.

354. Delle doccie guidano l' acque dei tetti nel primo pozzo, e passano nel secondo attraversando il tubo orizzontale di comunicazione; ma prima di giugnervi, sono costrette a passare per mezzo ad un pavimento di legno di quercia forato da una moltitudine di piccoli buchi, e sostenuto da un numero sufficiente di pali.

355. Il pavimento sostiene uno strato di ghiaia ben lavata, uno di ghiaia men grossa, uno di grossa sabbia, ed un altro di sabbia fina. Questi quattro strati hanno in tutto due piedi di grossezza. Lo spazio al di sotto del pavimento nei due pozzi, riceve i sedimenti, o i primi depositi delle acque piovane.

356. I due pozzi sono coperti: ma l'aria vi penetra da più spiragli formati appositamente. L'acqua è sollevata per mezzo di una tromba.

357. Il sig. *Ferregeau* ha proposto un mezzo per adunar l' acqua nelle cisterne, il quale è utilissimo nei luoghi, ove il terreno sabbioniccio lascia filtrare l'acqua piovana, e dove non si trovano edifizi sufficienti per riempierle. Cotesto mezzo consiste nel togliere dai contorni del luogo in che la cisterna deve essere stabilita, e sopra d' una bastante estensione, i primi strati di sabbia, e formare un letto di terra schietta, e

d' argilla coperta di pietruzze, sul quale fosse trasportata detta sabbia. Delle trombe collocate in recipienti che circondassero la cisterna, sarebbero disposte in modo da condurvi le acque della pioggia, che non potendo penetrare l' argilla, non anderebbero perdute.

MACCHINE ADATTATE AI POZZI OD ALLE CISTERNE.

358. In due maniere si estrae comunemente l' acqua di un pozzo, coi secchi e colle trombe.

SECCHI

359. Il modo più semplice di servirsi d' un secchio è di attaccarlo ad una corda che impugnasi immediatamente; e col farla passare a vicenda dall' una all' altra mano, s' immerge il secchio nell' acqua e s' innalza col proprio peso fuori del pozzo.

360. Questo metodo incomodo principalmente quando il pozzo è profondo, richiede il trasporto del secchio, e della corda tutte le volte che si vuol estrar l' acqua; e se colui che la trae è poco abile o distratto, gli sfugge dalle mani la corda, e cade in fondo col secchio.

361. Per ovviare a tali inconvenienti, e per rendere meno faticosa l' operazione di attinger l' acqua, si sono immaginati diversi espedienti *fig.* 2. *tav.* 14. In alcune campagne si stabilisce vicino ai pozzi poco profondi un palo verticale *a*, in cima del quale avvi un incastro, ove gira liberamente la leva *b b* che porta da una parte un peso, e dall' altra una corda, alla quale è attaccato il secchio *c*. Questa corda ha molti nodi da una distanza all' altra per essere afferrata meglio dalle mani di colui che attinge l' acqua.

362. Lo scopo di tale meccanismo, altrettanto ingegnoso che semplice, è di dividere lo sforzo della persona che esaurisce l' acqua, in due parti presso a poco eguali, di cui la prima accade quando fa discendere il secchio, imperocchè allora il peso *k* è sollevato per poter poscia cooperare all' innalzamento del secchio che costituisce la seconda parte dello sforzo.

363. La *fig.* 3. *tav.* 16, addita il modo di far agire uno o due secchi coll' intermedio d' un verricello a manovella. Nel caso che si vogliono impiegare due secchi in un tempo, è necessario che la corda dell' uno s' avvolga nel verricello da una parte, mentre quella dell' altro si svolge dalla parte opposta, talmente che il primo secchio sale, e l' altro scende, facendo quest' ultimo in qualche modo contrappeso all' altro. Ciascuna delle corde del verricello passa su di una girella stabile, che col mezzo di un anello imbocca in un traverso sostenuto da due pilastri di legno, o di mattoni.

364 In quanto alla manovella del verricello, dobbiamo rammentarci che produce delle disugualianze nella resistenza che prova il motore in vari punti della circonferenza descritta nel suo moto. Questo difetto assai rilevante, quando il verricello non ha che una manovella, lo è molto meno allorchè ne ha due collocate alle due estremità del verricello ad angolo retto, l' una respettivamente all' altra, e quando sono maneggiate da due uomini che agiscono simultaneamente. Cotesta disposizione fa sparire una parte delle disuguaglianze della resistenza con una sorta di compenso, ma non le annienta del tutto.

365. Una volanda adattata immediatamente al verricello, sarebbe inefficace a regolare la resistenza, per la troppa lentezza del moto. Quindi osservasi, che i pozzi profondi armati di verricelli a manovelle, hanno volande, le quali col mezzo d' ingranature acquistarono tanta velocità da poter adempiere con vantaggio l' uffizio di regolatore. Ma questo mezzo complicato è troppo dispendioso per essere applicato ai pozzi di una mediocre profondità.

366. Si dee preferire in quest' ultimo caso un argano costrutto nel modo espresso in A *fig.* 3. *tav.* 16. L' uomo che dà moto a detto strumento; può agire nel medesimo tempo colle mani, e con un piede.

367. La *fig.* 4. *tav.* 16. rappresenta la parte superiore di un gran pozzo posto sotto di un coperto. Questo pozzo è provveduto di due secchi appesi ad un verricello mosso da una ruota a tamburo A. È inutile il dire che tal ruota gira mediante l' azione d' uno o più uomini che vi camminano dentro. I secchi sono attaccati al verricello da due catene, l' una delle quali il circonda da una parte, e l' altra dalla parte opposta. Uno dei secchi sale, mentre l' altro scende.

368. Dobbiamo notare nella *fig.* 4. che i secchi si vuotano da loro stessi. Quando questi sono giunti alla sommità del pozzo, incontrano gli uncinetti *a a* che li trattengono, gli obbligano ad inchinarsi, e a versar l' acqua in un serbatoio *anulare* BB, collocato sul contorno del pozzo, e i rubinetti *x x* danno sfogo all' acqua versata in esso serbatoio.

369. Le *fig.* 1, e 2. *tav.* 2. mostrano chiaramente due disposizioni analoghe a quella cui abbiamo descritta, onde i secchi versino da loro stessi l' acqua in un serbatoio adiacente. Nella prima, il secchio ha il manico *b* posto quasi in mezzo della sua altezza; l' incontro del manico *b* coll' uncinetto *a* è quello che produce il vuotamento del secchio; nella seconda, il manico *b* è situato in cima di detto secchio, e questa disposizione è preferibile per la facilità del vuotamento.

370. La *fig.* 1. *tav.* 14. rappresenta un ingegnoso meccanismo che procaccia il mezzo ad una persona che trovasi al piano superiore di una casa di attinger l' acqua da un pozzo costrutto in mezzo di un cortile.

371. Sopra di una finestra del piano *a* è fissata una squadra di ferro che sostiene la puleggia *b*. Una corda *dd* è attaccata da una parte a questa squadra, e dall' altra ad un anello fermato nel piano del cortile, la qual corda deve esser ben tesa. Due girelle *ff* collocate in una medesima incassatura di ferro *e e* regolano l' andamento del secchio, sdrucciolando l' una sulla corda *dd*, mentre l' altra trattiene la corda del secchio *x*.

372. Scorgesi dalla *fig.* 6. *tav.* 16. un uncino a molla comodissimo per appendere il secchio, che non può scappare quando è nel pozzo, e che si stacca facilmente allorchè n' è fuori, bastando perciò aprire le due branche *a* e *b* dell' uncino.

TROMBE

373. Le trombe sono per ogni riguardo preferibili ai secchi per estrarre l' acqua da un pozzo. Esse non occupano che uno spazio limitatissimo. Il meccanismo che trasmette loro questo moto, è estremamente semplice e nello stesso tempo molto solido. Le trombe permettono di chiudere la bocca dei pozzi, e prevengono così i deplorabili accidenti cui i pozzi aperti cagionano spessissime fiate. Aggiungiamo a tutti questi vantaggi quello di potere con facilità far salire l' acqua ne' serbatoi posti sui piani superiori.

374. Le trombe che s' impiegano comunemente a Parigi sono aspiranti semplici,

375. Le *fig.* 2, 3, e 4. *tav.* 17. dimostrano le disposizioni ordinarie delle leve che trasmettono il moto allo stantuffo delle trombe aspiranti semplici. Queste disposizioni sono troppo conosciute per trattenerci a descriverle.

376. La disposizione addimostrata dalla *fig.* 7. *tav.* 16. merita più attenzione. La leva *a* è adattata alla girella *b* che ha due gole, sulle quali s' avvolgono due catene in modo opposto, l' una attaccata alla girella ed alla sommità *d* del gambo dello stantuffo, e l' altra parimente è attaccata a detta girella, se non che questa scende per fissarsi nel punto *f* del gambo medesimo. Con siffatto meccanismo, se si comunica un moto oscillatorio alal leva, il gambo dello stantuffo agisce senza deviare dalla linea verticale, vantaggio importante per la conservazione della tromba, e per la facilità del lavoro. Il gambo dello stantuffo appoggiasi contro rotoli di rame *x x*,

377 La *fig.* 5. *tav.* 17. rappresenta una tromba aspirante e premente. La leva *a* di questa tromba attraversa il pavimento *b b*, dove una fenditura praticata a tale effetto le permette di oscillare liberamente. Cotesta tromba procaccia il mezzo di far salir l' acqua ne' serbatoi posti

sui piani superiori sì per uso delle cucine che dei luoghi comodi all' inglese, o dei bagni; basta allora chiudere il rubinetto *g*; e volendo far isgorgar l' acqua per questo rubinetto, conviene chiuder quello indicato dalla lettera *x*.

378. Daremo fine alla descrizione delle tromba domestiche, coll' indicazione di una tromba che serve a due case limitrofe. Il gambo di questa tromba rappresentato dalla *fig.* 6 *tav.* 17. comunica colla staffa *b* fissata in un vetricello orizzontale *a* che porta tre leve *e*, *e*, *f*; la prima delle quali è armata del peso *p*, e le altre due fanno un angolo retto fra di loro, e corrispondono colle catene *x*, *y*. La catena *y* attraversa il muro BB, che è attraversato similmente dal tubo A. La staffa *d d* fissata nel muro, sostiene una piccola carrucola, sulla quale appoggiasi la catena *y*. È cosa evidente, che se il rubinetto del tubo C è chiuso, e che si agisca sulla catena *y*, l'acqua sgorgherà pel tubo B, avvenendo il contrario se il rubinetto del tubo B è chiuso, e la catena *x* è in azione. In questi due casi, il peso *p* agisce egualmente per innalzare il gambo dello stantuffo.

CAPITOLO II.

Della condotta, e della distribuzione delle acque nelle città.

379. Si dee porre nel numero delle opere dell'antichità più degne d'essere ammirate, quelle che avevano per iscopo di somministrare alle numerose popolazioni le acque opportune per la salubrità, i bisogni, ed i piaceri della vita. Plinio esalta a buon diritto le opere immense che gl' imperatori Romani intrapresero, per trasportare a Roma una gran quantità d'acqua.

380. *Se si considera*, egli dice, *l' eccessiva copia d' acqua condotta a Roma, e in quanti luoghi si disperde pei bagni, per le peschiere, pei serbatoi, pei giardini, e per le case particolari della città e della campagna; e se ancora si considera la lunghezza del cammino che percorre, il gran numero d' archi che si sono eretti per condurla, le montagne che fu forza forare per dar passaggio ai canali, confermano di leggieri che non vi ebbe mai impresa più vasta, nè più ammirabile in tutto l'universo.*

381. Certamente, non erano deboli ruscelli, cui gli acquedotti conducevano a Roma, ma fiumi interi, dirò così; oltre le acque di sorgente, vi si faceva correre l'acqua del Teverone, o per derivazioni prese verso la sorgente, o col mezzo di canaletti un poco al di sopra della sua foce

nel Tevere, per somministrarne in cotal modo l'acqua ai rioni più o meno elevati della città. Vi erano fontane sul Campidoglio, sulle altre montagne comprese nel recinto di Roma.

382. Possiamo formarci un' idea della magnificenza dei Romani nella distribuzione delle acque, da ciò che riferisce Plinio sui lavori eseguiti in un anno soltanto per ordine dell' Imperatore Agrippa. *Agrippa, egli dice, durante il suo edilizio, avendo unita l' acqua vergine alle acque ch' erano in Roma, la fece correre per molti tubi in tutti i rioni, fece scavare settecento serbatoj, costruire cento cinque fontane, ed innalzare cento trenta castelli idraulici, o conserve, la maggior parte delle* quali erano decorate di sontuosi ornamenti, vi si contavano trecentro statue fra bronzo e marmo, e quattrocento colonne di marmo, essendosi tutto ciò eseguito in un anno.

383. Leggendo il libro di Frontino de *Acquaeductibus*, reca stupore la moltitudine dei lavori che fu mestieri intraprendere per la condotta delle acque tanto nelle campagne come pure in Roma; e si ammira nel tempo stesso i saggi regolamenti che si osservavano per la loro distribuzione.

ACQUEDOTTI ANTICHI

384. I Romani avevano costrutto un numero prodigioso d' acquedotti per condurre le acque a Roma. L'estensione loro totale era più di 90 leghe, e venivano sostenuti da archi per una lunghezza di 9 a 10 leghe. L'acquedotto di Claudio, di cui esistono avanzi assai considerabili è formato di archi di met. 6,31 di luce. La maggior parte di queste opere che tutte si rassomigliano fra loro, sono fatte di mattoni. Leone X. e Sisto V. ne hanno ristabilite molte.

385. La magnificenza dei romani non si è limitata ad arricchire la città di Roma di sì utili monumenti, ma ne hanno fatto edificare un gran numero nelle varie provincie del loro immenso impero. Si ammirano ancora con istupore gli avanzi imponenti di molti de' loro vasti acquedotti ch' esistono in Italia, in Francia, ed in Ispagna, fra i quali campeggiano principalmente i seguenti.

1. L'acquedotto di Lisbona eretto sotto il regno di Traiano è il più ragguardevole che si conosca per ragione dell' altezza, e della luce de' suoi archi. È composto di 32 archi di 29 metri di lunghezza sopra 68 metri di altezza nella parte più elevata. I pilastri hanno 5 metri di grossezza sopra 7 di lunghezza. La totale sua lunghezza è di 1140 metri.

2. L'acquedotto di Segovia, costrutto con ampi macigni posti senza cemento, ha due ordini d' archi uniformi di cinque metri e mezzo di larghezza. Più di centocinquanta di questi archi sussistono ancora. L' altezza di questo acquedotto è di 34 metri.

3. Si ammira in Italia il ponte canale di Civita-Castellana di due piani, il primo avente 39 metri di altezza, forato da nove grandi archi; i tre di mezzo hanno 26 metri e mezzo di luce, e gli altri 19 e mezzo; il secondo piano è formato da una serie di piccioli archi uniformi.

4. In Francia è celebre il ponte di Gard che faceva parte di un acquedotto conducente a Nîmes le acque della fontana d' Uzès, e la cui totale lunghezza era di sette leghe. Questo ponte offre tre ordini d' archi; il primo ne comprende sei, il secondo dieci, ed il terzo ove poggiava l' acquedotto, e del quale più non rimangono che 37 archi, ne comprendeva un maggior numero. Gli archi dei due ordini inferiori hanno circa 20 metri di luce, laddove quella degli archi dell' ordine superiore è di cinque metri e mezzo, e sono a tutto sesto. L' altezza totale dell' edifizio è di 48 metri, partendo dal livello delle basse acque del torrente, Il resto dell' acquedotto continuava sotto terra dalle sorgenti d' Uzès sino a Nîmes.

5. L' antico acquedotto di Metz attraversava la Mosella, ed era sostenuto da un gran numero d' archi, molti dei quali sussistono ancora interi sul fiume stesso. Essi hanno da questa parte più di 25 metri di altezza. La loro luce è di sei metri e mezzo, e la grossezza dei pilastri è un poco più di tre metri.

ACQUEDOTTI DEL MEDIO EVO

386. Nel medio evo si sono costruiti alcuni acquedotti che gareggiano quelli dei romani. L' acquedotto che Teodorico fece edificare presso a Spoleto è degno d'ammirazione. È composto di dieci grand' archi gotici, ciascuno de' quali ha più di 21 metri di luce, e sono sostenuti da pilastri di tre metri e mezzo di grossezza. Gli archi di mezzo collocati al di sopra del fiume Moragia hanno più di 100 metri di altezza. Gli altri sono molto meno alti, poichè i due colli su cui sono fabbricati erano assai ripidi. Sulla sponda del ponte dal lato superiore, trenta piccoli archi gotici reggono un acquedotto che serve a condurre le acque nella città. Questo monumento di un' arditissima esecuzione esiste tuttora intero. La totale sua lunghezza è di 247 metri, e 13 metri di larghezza.

ACQUEDOTTI MODERNI

387. Fra gli acquedotti moderni degni d' osservazione si distinguono:

1. L' acquedotto di Caserta costruito da Vanvitelli nel 1753. È

composto di tre ordini di archi, di sei metri e mezzo di luce. La maggiore sua altezza è di metri 45,7.

2. L' acquedotto della Crau d'Arles, che attraversa una palude, e sopporta le acque del canale della Crapone, fu edificato nel 1558. La totale sua lungehezza è di 625 metri. Gli archi che sono a tutto sesto, hanno sei metri di luce. La larghezza dell' acquedotto è di cinque metri nella parte superiore, e le sue facce hanno una lieve scarpa. I fondamenti sono stabiliti sopra una graticola di grossi travi.

3. L' acquedotto d' Arcueil eretto nel 1624 è destinato a condurre a Parigi le acque di Rungis. Si veggono ancora nel medesimo luogo gli avanzi di un acquedotto ch' era stato fabbricato da Giuliano per alimentare le terme. La lunghezza di quest' edifizio è di 390 metri. La sua larghezza di met. 3,6, e la maggiore sua altezza 22 metri. Questo acquedotto, che è una delle opere più rinomate di siffatto genere, è rinforzato da barbacani posti a dodici metri circa gli uni dagli altri, i cui intervalli sono in parte riempiuti di muro, ed in parte formati da nove archi; è tutto di sasso tagliato a scalpello, e di una costruzione accuratissima.

4. L' acquedotto di Maintenon, che era stato destinato per condurre a Versaille le acque dell' Euro, fu intrapreso nell' 1684, ed abbandonato nel 1688, dopo essere costato, a quello che si dice, più di 22 milioni. Esso doveva avere 4990 metri di lunghezza sopra 76 metri della più grande altezza, e tre ordini d' archi. Al presente è in uno stato d' abbandono, e di ruina.

5. L' acquedotto di Montpellier costrutto da Pitot per condurre in quella città le acque delle sorgenti di Saint-Clément, e di Boulidou è la più bella opera di questo genere ch' esista in Francia. È composto di due ordini d' archi, l' inferiore de' quali ne ha 70, la cui luce è di met. 8,45, mentre quelli dell' ordine superiore non hanno che met. 2,76 di luce. La maggiore altezza dell' acquedotto ascende a 28 metri; esso fa capo coll' una delle due estremità nella piazza del Peyrou, cui attraversa sopra tre archi, ed è stata adornata di un castello idraulico. La totale sua lunghezza è di 980 metri.

CANALE DELL' OURCQ

388 Si debbe giustamente collocare il canale dell' Ourcq fra le più vaste, e memorabili operazioni idrauliche. Questo magnifico lavoro, il cui scopo principale è di somministrare una copiosa quantità d' acqua a tutti i rioni di Parigi, costerà quasi cinquanta milioni quando sarà perfettamente finito, È per più rapporti degno di servire di modello;

vi si ammira una moltitudine di recenti particolarità altrettanto ingegnosamente che saggiamente concepite, e che fanno il più illustre elogio al loro autore sig. Girard, dotto, e valentissimo ingegnere. In una parola, è degno d'una gran nazione, e di un secolo illuminato; un'economia per altro troppo meschina si fa scorgere talvolta in alcune delle sue parti, e generalmente lascia a desiderare quell' apparenza di alta magnificenza, e di solidità ch' eccita l' ammirazione alla vista di alcuni monumenti antichi di tal genere.

389. Noi daremo una breve descrizione di così nobile lavoro, che non è fatto se non se in parte, e che si prossegue ora con molta attività. Questa descrizione è estratta dalle opere seguenti del sig. Girard.

Ricerche sulle acque pubbliche di Parigi. Stato generale preventivo dell' opera, e delle spese occorrenti pel canale dell' Ourcq. Descrizione generale delle diverse opere da eseguirsi per la distribuzione delle acque del canale dell' Ourcq nell' interno di Parigi. (*a*)

390. Il fiume dell' Ourcq presso a Marcuil, ha 93.922. metri di distanza dalla barriera di Pantin, ed è condotto per un canale navigabile, in un bacino stabilito sul territorio della Villette. Il livello delle acque di questo bacino è alto 27 metri sulle basse acque della Senna.

391. Le acque condotte dal canale dell' Ourcq nel bacino della Villette sono destinate: 1. ad alimentare dentro a Parigi delle nuove fontane, ed un certo numero di serbatoi che debbono servire al nettamento delle strade e latrine, ed a somministrar nuovi mezzi d' abbellimento, e di salubrità; 2. a mantenere due canali di navigazione che scenderanno nella Senna, l' uno attraversando il sobborgo del tempio, e l' altro la pianura di S. Dionigi sino all' ingresso di questa città.

392. Le acque del bacino della Villette che deggiono servire al primo uso, sono condotte in un acquedotto di muro, che si sostiene alla stessa altezza di detto bacino, e che circonda la parte settentrionale di Parigi sino alla pianura di Mouceaux. Questo acquedotto ha 4,357 metri di lunghezza. Le dimensioni sono regolate giusta la base seguente: di dovere in ventiquattr' ore dare per lo meno il passo ad ottanta mila chilolitri d' acqua (4200 pollici). La fig. 1. della *tav.* 18. mostra lo spaccato dell' acquedotto di circuito.

393. Tre gallerie a volta partiranno dall' acquedotto di circuito prendendo le seguenti direzioni. La prima detta di S. Lorenzo, somministrerà

(*a*) Queste scritture saranno inserite nei volumi secondo e terzo della Collezione idraulica d' autori oltramontani.

l'acqua ai rioni di S. Dionigi, del mercato, della scuola di medicina, del Tempio, della piazza reale, e del palazzo civico. Essa avrà 9,066 metri di lunghezza. La seconda, della lunghezza di 9,233 metri, porgerà l'acqua ai rioni di Montmartre, del palazzo reale, del Louvre, e della piazza Vendôme. La terza finalmente, cui la lunghezza sarà di 12,378 metri, condurrà l'acqua nei rioni delle Tuilerie, del sobborgo Sant' Onorato, della scuola militare, e degli invalidi.

394. Indipendentemente da queste tre distribuzioni che saranno alimentate dal canale di circuito, un' altra distribuzione riceverà immediatamente le acque del bacino della Villette, che sarà diretta da una galleria detta di S. Antonio nel sobborgo di tal nome, e nei rioni dell' Arsenale, e del Giardino delle piante.

395. Questi quattro gran condotti sono destinati a mantenere un certo numero di serbatoi che saranno situati sui luoghi più eminenti d'ogni rione, acciò che l'acque derivate da essi serbatoi, possano essere divise sul maggior numero dei punti delle strade adiacenti.

396. Sarà inoltre stabilito per tutta la lunghezza di questi condotti fra l'origine loro, ed il castello idraulico ove termineranno, varie diramazioni che condurranno le acque al punto più alto d'ogni strada, d'onde scaturiranno a piacimento per l'irrigazione, e pel nettamento di questa strada, o per apportar soccorso negli incendi, o a tutt'altro pubblico vantaggio.

397. Queste diramazioni finalmente ne avranno delle più piccole, destinate ad alimentare le concessioni particolari che potranno essere fatte delle acque del canale dell' Ourcq.

398. Secondo l'antico metodo di distribuire le acque, i condotti formati di tubi di getto, o di piombo erano sepolti sotto il suolo senza alcuna preparazione propria a rassodarlo, la cui consistenza essendo quasi sempre disuguale, ne risulta, che questi terreni si sprofondano accidentalmente per diverse cagioni; i condotti si rompono sotto il peso che sopportano, l'acqua che n'esce, penetra il suolo che li circonda, rendendolo più molle, il che cagiona nuove rotture. Inoltre essi condotti essendo poco affondati, il metallo di che sono costrutti, si dilata e si condensa, secondo le variazioni dell' atmosfera, e per conseguenza si formano lacerazioni, e perdite d' acqua cui spesse volte non si giugne a stagnare se non dopo lunghe indagini, le quali ne interrompono il servizio, e causano più o meno imbarazzo nei luoghi, ove è forza praticare delle aperture.

399. Per rimediare a siffatti inconvenienti nella distribuzione delle acque del canale dell' Ourcq, si sono adottate le seguenti precauzioni: 1. Di collocare dette acque nelle gallerie a volta, dove si potranno

visitare in qualunque tempo, per tutta la loro estensione e riparare senza inutili ricerche, agli accidenti che possono sopraggiugnere: 2. di fissare i condotti sopra un fondo stabile, cioè sopra massi di muri fondati solidamente. 3. Che questi condotti non abbiano da sostenere altro carico che il loro proprio peso.

400. Sarebbesi potuto far derivare immediatamente dal bacino della Villette, come da uno stipite comune, tutti i tubi del condotto destinati alle diverse distribuzioni, ma allora era d'uopo per alimentare ciascuna di esse con una certa quantità d'acqua, accresere il diametro del condotto, a misura che il punto ove dovrebbe terminare, si allontanasse da quello della partenza; per la qual cosa saremmo stati costretti ad impiegare pei rioni lontani dei tubi, le cui grandi dimensioni avrebbero renduta la fabbricazione, il collocamento, ed il ristauro difficili. Onde far sì che i condotti forzati fossero più corti che sia possibile, si è adottato il principio di sostenere le acque a livello col bacino della Villette in un acquedotto aperto lontano quanto la disuguaglianza del terreno lo ha permesso.

401. Rispetto alla direzione delle quattro principali distribuzioni, onde abbiamo parlato ai numeri 393, e 394, esse sono state regolate in modo da valersi per la collocazione dei tubi di metallo, di tutte quelle antiche chiaviche atte a tal uso, evitando così le spese di nuove apposite costruzioni.

402. I principali condotti essendo tutti collocati sotto volte, tanto nelle nuove gallerie, quanto nelle chiaviche, le cui direzioni combinano con quelle delle suddette gallerie, i tubi sono sostenuti nelle nuove gallerie da mensole di pietre scarpellate sporgenti in fuori sulla facciata interna dei loro muri laterali (come alla figura 2. tav. 18); ovvero sono posti sopra d'una o più fila di peducci di pietre parimenti scarpellate, e retti a tale effetto sotto la volta delle gallerie. Ma questi mezzi di sostenere i condotti non possono essere impiegati nelle chiaviche, importando di non alterarne la solidità con incastri quasi contigui di muro nuovo nel fonte del muro antico. Saranno situati i condotti sopra beccatelli, o cavalletti di metallo fermati nel fondo di dette chiaviche, e adattati più vicino che sia possibile a' loro piè dritti conforme si vede dalla fig. 4, *tav.* 18. Siffatto espediente, il cui esito è stato giustificato dall'esperienza, impedisce il corso delle acque, per lo scarico delle quali sono destinate le chiaviche.

403. Collocando i tubi del condotto sotto gallerie arcate, si riduce al loro proprio peso, ed a quello dell'acqua che contengono, il carico cui deggiono sopportare; ma questo isolamento rende gli influssi della temperatura molto più sensibili sul metallo di cui i tubi sono composti. Di fatti, la temperatura dell'acqua in moto nei condotti varierà dall'inverno

all'estate dal termine di 0 sino a 24 o 25 gradi di *Reaumur*; e siccome quella delle gallerie varierà meno, ne verrà che durante il verno, i condotti dell'acqua, cui esse gallerie racchiudono, non giugneranno alla stessa temperatura che nel raffreddarsi, e l'acqua per lo contrario che nell'acquistare un certo grado di calore; così in questa stagione il fluido uscirà dal condotto meno freddo di quello che non vi era entrato. Nella state, la temperatura del condotto, e quella dell'acqua si porranno in equilibrio avvicinandosi per una strada opposta; il metallo dei tubi si riscalderà, mentre il fluido che vi corre uscirà meno caldo che non era al suo ingresso. Si comprende che coteste differenze di temperatura nelle due estremità del condotto, saranno tanto più sensibili, quanto più risulterà il suo sviluppo. Un tale motivo ha fatto investigar la maniera di articolare alcune parti del condotto, in guisa che possano senza rottura, o senza flessione accorciarsi, od allungarsi.

404. La fig. 8 (*tav.* 18) indica il mezzo adottato per quest'oggetto. Dei tubi compensatori dalla staffa mobile debbono essere collocati nei condotti di 100 in 100 metri. Sono composti di due pezzi, il primo terminato da un rialto cilindrico pareggia ritirandosi il corpo del tubo; questo rialto, o spezie di manica ha una staffa mobile sporgente in fuori da sei centimetri sul dorso di esso. Il secondo pezzo del compensatore è sguernito di staffa all'una delle sue estremità: ma è tondeggiata al torno sopra venti centimetri di lunghezza per essere introdotta nella manica, o rialto. La staffa di questo secondo pezzo del compensatore è surrogata da un anello, o staffa mobile che sdrucciolerà all'uopo sul corpo del tubo: essa ha otto centimetri di lunghezza, e reggesi sul tubo mediante una gola cilindrica lunga cinque centimetri. La staffa stabile della manica in un colla staffa mobile del tubo che vi entra sono forate da sei buchi come le staffe comuni. Il vuoto che trovasi fra l'esterno del tubo maschio, e l'interno del tubo femmina è guernito di stoppa incatramata.

405. I tubi di metallo che compongono i principali condotti del canale dell'Ourcq, sono di ferro fuso, ed hanno generalmente metri 2,50 di lunghezza, e metri 0,25 di diametro interno, e 20 millimetri di grossezza; il loro peso medio è di 350 chilogrammi. Si collocano fra le staffe dei tubi consecutivi delle rotelle di piombo di 10 a 15 millimetri di grossezza, le quali sono ravvolte fra due strisce di flanella incatramata per rendere le giunture più unite. La giuntura è stretta in forza di sei chiavarde, che passano di mezzo a buchi forati nelle staffe dei tubi.

406. I tubi sono trattenuti sui loro sostegni col mezzo di biette, o cunei di quercia, e di arpioni di ferro battuto infissi ne' piè dritti

delle volte delle gallerie o chiaviche. Questi arpioni sono composti di due pezzi, l'uno dritto fermato nel muro, e l'altro rotondo unito alla cerniera col primo.

407. Ogni condotto ha molti rubinetti, uno de' quali deve esser posto immediatamente al di sotto della presa d'acqua, per istabilire od intercettare a piacimento la comunicazione fra la parte superiore ed inferiore del condotto. Un altro rubinetto è situato nella parte più bassa del condotto per aprire o chiudere la comunicazione dell'interno coll'esterno, e procurare all'uopo l'esito delle acque che vi fossero contenute.

408. Indipendentemente dai suddetti due rubinetti, il cui servigio è indispensabile, ne sono distribuiti molti altri sulla lunghezza d'uno stesso condotto ad oggetto di rendersi padrone del corso dell'acqua, per procedere, senza interromperlo affatto, alla riparazione dei casi che potessero soppraggiugnere, o provvedere momentaneamente ai bisogni straordinari. L'occhio di questi rubinetti, fig. 9 (tav. 18) è cilindrico, e precisamente dello stesso diametro dell'interno del condotto; così la velocità dell'acqua non prova alcuna alterazione, e quando sono aperti il condotto trovasi libero come se non esistessero.

409. La manovra dei rubinetti esige l'impiego d'una grandissima forza, quando hanno un diametro considerabile. Ordinariamente si compie coll'aiuto delle leve, in cima alle quali agiscono uno o più uomini. La maggiore resistenza ch'eglino provano è quella che presenta il rubinetto per esser liberato da una posizione in che è rimasto qualche tempo. Quindi si scorge che tale resistenza è variabile, e che quando giugnesi a superarla, la potenza è capace di produrre il più grand'effetto; laonde liberato che sia una volta il rubinetto, si apre o chiude quasi in un momento. In quest'ultimo caso, e se il rubinetto che si manovra è quello dell'orifizio inferiore del condotto, l'acqua che vi è racchiusa reagisce sui tubi, e talvolta ne cagiona la rottura. Si preverranno cotesti accidenti, rendendosi padrone di operare il movimento dei rubinetti con quella lentezza che tornerà a grado. Basta perciò sostituire alle leve che vengono impiegate comunemente in questo lavorio, una ingranatura composta d'una ruota dentata, avente lo stesso centro che la chiave del rubinetto, ed un rocchetto, il cui asse sia armato di una manovella.

410. Quando i condotti presentano delle sinuosità nel piano verticale, l'aria che vi si trova nel momento, in cui è caricato, corre alla cima più alta di tale sinuosità, e se il volume di quest'aria è assai ragguardevole, può accadere che occupi in quel punto tutta la capacità del condotto, e che offra almeno per qualche tempo un ostacolo al corso

dell'acqua. È chiaro, che per ristabilire esso corso d'acqua, fa d'uopo scacciar l'aria ivi raccolta. Il mezzo più semplice è d'inserire sul colmo della curva, cui il condotto forma un tubo verticale che s'innalzi sino al livello del serbatoio. Questo tubo s'empie d'acqua fino ad una certa altezza, ma in forza della sua leggerezza specifica, l'aria pervenuta alla base di esso, s'innalza di mezzo all'acqua che comprende, e se n'esce per l'estremità superiore, la quale rimane aperta.

411. Siffatto espediente, comunque semplice, porge nulladimeno qualche difficoltà quando il serbatoio della presa d'acqua trovasi ad una grande altezza sopra la curva del condotto che trattasi di vuotare. Si previene una simile difficoltà sostituendo al tubo verticale aperto in cima, un tubo assai più corto guernito d'un rubinetto, mediante il quale si può tener aperto o chiuso detto tubo; ma siccome l'acqua strascina ne' suoi movimenti dell'aria che bisogna espellere ad ogni tanto, così tale operazione richiederebbe una certa vigilanza che non si può lasciar di esercitare senza inconveniente.

412. Per esimersi da cotesta vigilanza (vedi la tav. 18. fig. 10.), si chiuderà la parte superiore del tubo A con una piastra orizzontale, nel cui mezzo sarà praticato l'orifizio *b*, che darà il passaggio all'aria del condotto; si sostituirà al rubinetto il galleggiante *c c* contenuto nel tubo, il quale avrà nell'estremità di un gambo verticale l'otturatore *d* destinato a chiudere l'orifizio. Allorchè l'acqua sarà sufficientemente alzata nel tubo, spingerà il galleggiante dal basso in alto, e l'orifizio rimarrà chiuso: ma quando un certo volume d'aria verrà ad occupare la parte superiore di questo tubo, la sua forza elastica si porrà in equilibrio colla pressione dell'acqua nel condotto, sino a tanto che esso volume d'aria aumentandosi grado a grado, faccia scender l'acqua del tubo unitamente al galleggiante che sostiene: allora l'otturatore esce dall'orifizio, e l'aria compressa se ne fugge, sinchè l'acqua risalendo nello spazio cui occupava quella, rimette l'otturatore nel suo posto, e chiude il condotto. Il galleggiante è una palla di ottone vuota. L'invenzione di questo spiraglio a galleggiante è dovuta al signore di *Bétancourt*.

413. Uno dei più importanti servigi che renderanno le acque del canale dell'Ourcq è il lavamento delle strade e delle chiaviche. Il lavamento delle strade si otterrà col mezzo di bocche d'acqua poste sui punti più elevati d'ogni strada. I tubi di diramazione destinati ad alimentare le bocche del lavamento, saranno collocati in piccioli canali di muro stabiliti sotto il selciato delle strade, e coperti di un tavolone.

414. Queste acque non serviranno soltanto a nettare il selciato, ma potranno essere impiegate a lavar le facciate delle case, e dei magazzini; e sfogandosi quindi nelle chiaviche contribuire al loro nettamento colla corrente che vi manterranno.

415. Non si dovrà lasciar correre continuamente le acque del lavamento sul selciato delle strade, poichè oltre l'inconveniente di scemare con ciò alcuni dei servigi ai quali queste medesime acque deggiono provvedere, si proverrebbe ancor quello non meno grave di conservar la maggior parte di dette strade in uno stato continuo di umidità. Il lavamento avrà luogo in certe ore del giorno e della notte; e perchè l'ordine stabilito a questo riguardo non sia turbato, i rubinetti delle bocche d'acqua saranno chiusi in recipienti, o cassettine di metallo, di cui i sopraintendenti a tale operazione ne conserveranno le chiavi. Le fig. 11. e 12. (tav. 18.) rappresentano uno di questi recipienti idraulici veduto da due lati. Le bocche d'acqua d'ognuno di essi sono disposte in guisa da potere in caso d'incendio adattarvi il tubo di cuoio *b* che porti le acque o nel serbatoio d'una tromba di soccorso, o nell'interno dell'edifizio acceso. La fig. 12 mostra la disposizione di siffatti recipienti in una strada.

416. Noi abbiamo detto che i condotti delle principali distribuzioni derivano dall'acquedotto di circuito che attornia la parte settentrionale di Parigi. Questo acquedotto offre molte particolarità degne di osservazione.

Si osserva primieramente l'ingegnosa disposizione del serbatoio della presa d'acqua situato nell'estremità del bacino della Villette presso al punto della partenza dell'acquedotto di circuito. Le fig. 3. e 5 (tav. 18) rappresentano il piano, e lo spaccato di questo edifizio, il quale è composto del pozzetto circolare A coperto da una volta semisferica. Il muro che circonda il serbatoio e sostiene la volta, ha da un canto la porta *b*, e dall'altro sette pertugi o fenditure *c c c* ec. Il serbatoio è diviso nella sua altezza in due parti mediante il pavimento *d*. L'acquedotto di circuito B comunica col pozzetto che è circondato dal serbatoio di distribuzione aperto DD. La grata *f f* posta nell'ingresso di esso serbatoio, è destinata a trattenere i corpi ondeggianti che potrebbero essere strascinati dalla corrente dell'acqua del bacino della Villette, che entra nel serbatoio; la grata è coperta da una maglia metallica.

417. Le acque del serbatoio DD sono introdotte nel pozzetto A per mezzo di sette tubi di ferro fuso *p p*, curvati ad angoli retti, ed incastrati nel forte del muro di detto pozzetto. Ciascuno di questi tubi è corredato d'un turaccio destinato a chiuderlo. Il turaccio è composto d'un tubo di lastra di rame sostenuto dal telaio *q*, e da tre barre di ferro verticali unite nelle loro estremità con traverse dello stesso metallo. Una catena di ferro è fissata in mezzo alle traverse, e si avvolge in una gola rotonda adattata in fondo della leva *r* che ha il suo centro di rotazione nel centro medesimo di quest'arco di cerchio.

418. Lungo l'acquedotto di circuito sonovi molti serbatoi pei quali si comunica dall'interno all'esterno di questo stesso acquedotto, tanto per farne la visita, quanto pel servigio dei lavori, cui le circostanze possono richiedere.

419. Su tutta l'estensione di detto acquedotto sono erette delle prese d'acqua pel bisogno dei particolari. L'ingegnosa disposizione di queste prese d'acqua merita una particolare osservazione. Le *fig.* 6. e 7. *tav.* 18. indicano il piano e l'elevazione dei recipienti, o tinozze circolari addossate al muro del canale dell'acquedotto per istabilirvi le prese dell'acqua enunciate. Le tinozze A B comunicano coll'acquedotto *c* mediante il sifone *b*, il cui braccio più corto prende l'acqua dal canale, mentre il più lungo la versa nel pozzetto. Il pozzetto è coperto da una volta sulla quale sta il cammino cilindrico verticale D del diametro di 70 centimetri, chiuso con una piastra di metallo fuso, formante esso cammino la comunicazione fra l'interno e l'esterno del pozzetto.

420. Tali sono i principali dettagli della parte del canale dell'Ourcq destinata a distribuir l'acqua in Parigi.

Gli altri dettagli non meno importanti relativi ai canali di navigazione, dettagli che sono estranei allo scopo di questo libro si trovano descritti nelle opere del sig. *Girard* da noi citate, e più diffusamente ancora in un'opera egregia che il medesimo ha preparata, e la cui pubblicazione è attesa con impazienza da tutte le persone che s'interessano pei progressi delle utili cognizioni.

DELLE MACCHINE PER INNALZAR L'ACQUA OCCORRENTE AI BISOGNI D'UNA NUMEROSA POPOLAZIONE

421. Qualunque volta che si può raccogliere una quantità d'acqua sufficiente ai bisogni di una città, che s'incontra la facilità di condurla immediatamente, a mezzo di canali in un serbatoio alto abbastanza, onde di là si distribuisca a tutti i rioni; devesi impiegare questo espediente, e preferirlo a quello delle macchine quand'anche fosse più costoso; poichè le macchine sono indispensabilmente soggette a grandi spese di manutenzione, di ristauri, e di rinnovazione. Spesse fiate degli accidenti improvvisi le rendono affatto inette ad agire, o diminuiscono di molto il loro prodotto; e finalmente qualunque siane l'ampiezza, esso prodotto è necessariamente limitatissimo, e quasi sempre insufficiente. Con tutto ciò, vi sono dei casi in cui non si può far a meno di non impiegarle, o perchè la spesa, che richiederebbe la formazione dei canali, sarebbe fuori di proporzione coi mezzi finanzieri della città, alla quale trattasi di somministrare una certa quantità d'acqua, od anco perchè

le circostanze locali si oppongono assolutamente allo stabilimento di cotesti canali.

422. Si distinguono tre casi ove si può far uso delle macchine per l' oggetto in discorso.

1. Se un fiume attraversa una città, o corre nel vicinato, si ergono macchine atte ad innalzare un certo volume d' acqua in un serbatoio così alto da poterne derivare dei condotti, i quali somministrino il fluido ai rioni più elevati della città al disopra del livello delle acque del fiume. Tale è a Parigi l' uso della macchina idraulica del ponte di Nostra Signora, e delle macchine a vapore di Chaillot, e di Gros Caillou.

2. Si stabiliscono talvolta lungo le contrade che fiancheggiano il fiume delle macchine idrauliche di mediocre grandezza, il cui scopo è d' innalzare una certa mole d' acqua in un serbatoio, d' onde possa immediatamente passare nelle botti dei portatori d' acqua, mediante un tubo di cuoio preparato a tale effetto. Queste macchine facilitano, ed abbreviano singolarmente la riempitura di dette botti, e schivano i funesti accidenti che potrebbero accadere se si dovesse effettuarla a forza d' uomini attignendo l' acqua nel fiume suddetto. Si veggono a Parigi di somiglianti macchine mosse dai cavalli, e situate sulla strada della Scuola, e su quella degli Olmi ec.

3. Vi sono luoghi abitati sopra rialti esausti d' acqua, mentre veggonsi sorgive, o correnti ad una certa lontananza, e ad un livello assai inferiore a quello di essi luoghi per cui si tratta allora d' innalzarvi l' acqua opportuna.

Nel primo caso s' impiegano soltanto due sorta di macchine, le une mosse dalla corrente stessa del fiume, e le altre dalle macchine a vapore.

MACCHINE MOSSE DALLA CORRENTE D' UN FIUME.

424. Queste macchine sono sempre composte di molte camere di tromba comunemente prementi, e più di rado aspiranti-prementi. Noi abbiamo già descritte (al N. 74 e seguenti) l' ingegnosa disposizione delle trombe a tre bracci, ed a tinozza della macchina del ponte di Nostra Signora, mostrando i vantaggi cui offre tale disposizione.

425. Nella maggior parte delle macchine di questa sorta, i gambi degli stantuffi sono mossi da triplici manovelle, cioè da manovelle a tre curve, che formano fra loro un angolo di 120 gradi. Le *fig.* 1, e 2. *tav.* 6. rappresentano una tripla manovella veduta di prospetto e di profilo. La *fig.* 3 della tavola stessa mostra il modo di unire questa manovella all' asse della ruota che dee porla in moto. Scorgesi che l' asse

indicato dalla lettera A regge una verga di ferro *a*, la cui estremità quadrata *b* combinasi coll' estremità *c* della manovella, per mezzo della manica B, nella quale entrano l' una e l' altra.

426. È assolutamente necessario fissare le camere della tromba in un modo stabile; ed uno dei migliori mezzi impiegati a quest' effetto, è quello addimostrato dalle *fig.* 4, e 5. *tav.* 6. Due acciallonì *a a* e *b b* posti ad una determinata distanza circondano e trattengono la camera della tromba A; e perchè sia assicurata colla maggiore solidità possibile, si ha cura di formare sulla parte esterna di detta camera di tromba dei rialti circolari sporgenti in fuori *d d* e *c c*, fusi colla camera stessa. I buchi *r r* che si veggono nel piano dell' acciallone danno il passo ai bracci della staffa dello stantuffo indicati dalle lettere *m m*, *fig.* 6, e servono d' incastro ai medesimi, impedendo loro di piegarsi verso alcuna parte, e mantenendo così l' esatto perpendicolo dello stantuffo, cui il moto della manovella tende sempre a scomporre.

427 La *fig.* 9. *tav.* 6, rappresenta una semplice e vantaggiosissima disposizione impiegata di frequente, e con buon esito per trasmettere allo stantuffo di una tromba il moto comunicatogli dalla tripla manovella *a*. Una delle curve di questa manovella combinasi colla verga *b* che dal suo canto si combina per mezzo dell' anello *c* colla estremità della leva *m m*, il cui centro di rotazione è in *d*. Il gambo *p p* dello stantuffo *r* è attaccato alla stessa leva. Conviene osservare che la unione di queste tre parti in *x* accade per la connessione di tre annelli. Questa disposizione permette alla verga *b*, ed al gambo *p p* di avere un piccolo moto translativo indipendentemente da quello del va e vieni, che loro è trasmesso dalla manovella; ed in grazia di questo piccol moto, il gambo *p p* può conservare la sua posizione verticale.

428. Noi potremmo addurre un gran numero d' esempi di macchine di tal fatta, ma siccome la maggior parte di esse sono eccessivamente complicate, ed hanno delle disposizioni più o meno difettose, ci limiteremo a descrivere le tre seguenti, il meccanismo delle quali ci è paruto saggiamente combinato.

MACCHINA DEL PONTE DI NOSTRA SIGNORA A PARIGI. (*tav.* 10. *fig.* 5.)

429. Questa macchina è composta di quattro meccanismi, ciascuno de' quali comprende tre camere di tromba congiunte insieme che aspirano l' acqua, ed altre tre che la ricomprimono nel medesimo tempo nei bacini di distribuzione. Può essere riguardata come due macchine separate, poichè due degli indicati meccanismi sono mossi da due grandi

ruote indipendenti l' una dall' altra. La *fig.* 5. rappresenta una di queste ruote, ed uno de' meccanismi che fa muovere. La gran ruota A, la quale entra nell' acqua, è accompagnata da una ruota a fuselli verticale B (*a*), che ingrana in due rocchetti E ed F; la sala della prima fa muovere la manovella *q* a tre leve o a tre curve, la quale fa agire nel medesimo tempo tre bilancieri H per l' intermedio delle verghe di ferro *a*. Questi bilancieri hanno nelle loro estremità opposte le verghe *b* che comunicano coi telai degli stantuffi, di cui *k* mostra la camera della tromba, ed *o* la tinozza, ove questa tromba corrisponde. (Le figure 7, ed 8. della tavola 6. fanno conoscere più chiaramente la costruzione della tinozza e delle camere della tromba.)

430. Il rocchetto F è collocato sopra un asse corrispondente nella ruota orizzontale P che mette in moto la manovella curvata 5 per l' intermedio del rocchetto O, all' asse del quale è adattato. Questa manovella 5 fa agire i gambi delle trombe di un secondo meccanismo.

431. La gran ruota A è posta su di un telaio mobile *m m* sostenuto da quattro gambi verticali *p*, di cui non se ne scorge che uno nella figura. Questi gambi servono ad innalzare più o meno la ruota secondo l' altezza o l' abbassamento del livello dell' acqua del fiume, valendosi perciò di due grosse leve a vite *r r* per ogni gambo.

432. Siccome è impossibile cambiar la situazione della ruota senza far salire e scendere nell' istesso tempo i rocchetti E ed F, i quali non possono essere separati dalla loro ruota comune B, la gran ruota P debbe dunque avvicinarsi più o meno al rocchetto F; così vi ha il mozzo *x* della ruota che riposa e gira sul piano *y* come un perno sulla propria base, e la sua sala *z* può salire e scendere senza cambiar la situazione della ruota, levando soltanto i cori *s s* ogni volta che si fa salire e scendere la gran ruota A e rimetterli quando è fissata. Bisogna altresì accorciare od allungare le verghe *a* e *b* adattate ai bilancieri H.

433 Le trombe innalzano l' acqua in un serbatoio ad 80 piedi di altezza. Le *fig.* 1 e 2 *tav.* 20. rappresentano il piano e l' elevazione di siffatto serbatoio posto all' ultimo piano di una torre alta 45 piedi circa sopra il livello del terreno del ponte di Nostra Signora: cotesto serbatoio riceve l' acqua da sei tubi, quivi ella scende per tre grossi tubi i quali passando di poi sotto il selciato delle strade vanno a metter foce nella vasca delle fontane, donde risalgono verticalmente, e si scaricano in bacini particolari. L' acqua poscia cala di nuovo da questi bacini col mezzo di molti tubi, che si dividono nei diversi rioni, passando parimente sotto il selciato.

(*a*) Vedi al N. 703

434. Ecco l' esatta descrizione del serbatoio di cui si è parlato. *a a a* rappresentano i tubi saglienti che votano l' acqua innalzata dalla macchina in bacini di piombo formati dalle facce *g g* ed *h h*, forati da molti buchi di un pollice di diametro, aventi ciascuno un tubo di un pollice di sporto un poco allargato nel suo vertice per misurare il prodotto della macchina: la spesa di ciascheduno di essi tubi è stimata un pollice d' acqua, quando la loro cima è sormontata dalla superficie del fluido per l' altezza di una linea; così allorchè si vuol fare il saggio, chiudesi un numero di questi buchi con cavicchi, lasciando aperti soltanto quelli che occorrono per mantener l' acqua all' altezza già dichiarata; allora si computa di avere tanti pollici d' acqua quanti buchi vi sono pei quali esce a gola aperta.

435. Affine di prevenire l' agitazione dell' acqua nei bacini, e farne più esattamente lo scandaglio, si è praticato nel loro centro la linguetta *k k* a modo di tramezzo, sostenuta dalle staffe di ferro *l*; la quale serve per rintuzzar l' urto dell' acqua versata dai tubi saglienti, e per impedire che non venga ondeggiando a correre pei buchi verso cui non può andare se non partendo dal fondo dello spazio *m m*, dopo di essere passata sotto la base *n* della linguetta; da questo luogo il fluido è ricevuto in un altro bacino *o*, d' onde è distribuito giusta lo scompartimento ideato; a tale effetto sonosi formati molti bacini, il contorno dei quali è forato da buchi come i precedenti per così ripartire giustamente l' acqua ai rioni corrispondenti.

436. Ogni tubo ascendente chiudesi quando aggrada per mezzo di una valvola attaccata al gambo *x* (come la *fig.* 3.), che addimostra siffatto meccanismo con una scala più estesa. Una delle parti di questo gambo è tagliata a vite, e giuoca nella chiocciola *z* unita all' appoggio *y*, in guisa che si alza o si abbassa detta valvola facendo girar la chiave *r*; con tal modo s' interrompe la discesa dell' acqua allorchè per qualche ristauro si è costretto a scaricare un condotto. Onde impedire che l' acqua non istrascini seco alcuna immondezza, l' ingresso d' ogni tubo scendente è coperto di una campana d' ottone composta di due pezzi uniti a cerniera, forati da buchi. Questa campana non toglie che non si alzi od abbassi la valvola. Nel luogo *v* trovasi un tubo di sfogo dalla parte superiore, il quale conduce al fiume l' acqua superflua, quando accade che siasi costretto di chiudere uno o due tubi scendenti. Esso tubo può anche servire per iscarico del fondo, atteso che la sua estremità sulla quale è saldato un picciol tino, riceve una spezie d' imbuto che supera di un pollice il livello comune dell' acqua, e che si sopprime quando si vogliono diseccare i bacini.

437. Le fontane situate nei diversi rioni di Parigi che ricevono l' acqua

somministrata dalla macchina del ponte di Nostra Signora, hanno ciascuno il proprio bacino; il tubo che vi è adattato non conduce quest' acqua direttamente al luogo onde il pubblico la riceve, ma in un serbatoio di piombo rappresentato dalla *fig.* 5. *tav.* 20, Il suddetto serbatoio è collocato alcuni piedi sopra il livello del terreno della vasca della fontana, in cui il fluido è risparmiato per non iscorrere che quando bisogna. Detto serbatoio è sostenuto dalle verghe di ferro *aaa*, e prende l' acqua del tubo scendente *f* comunicando col bacino della stessa fontana. Il tubo *g* adattato nella parte inferiore del serbatoio, serve nel medesimo tempo di scarico del fondo, allorchè si vuol avere dell' acqua, e di quello della superficie, quando il serbatoio trovasi pieno. Per produrre questo primo effetto, il suddetto tubo corrisponde in un' estremità del tubo verticale *i*, coperto da una valvola che si alza, e si abbassa mediante un arginello composto dell' altaleno *k l* sostenuto dalla squadra *m*, avente all' altra estremità la verga di ferro *l n*, che termina nella leva arcuata *p* retta dalla squadra *r*; ora, siccome questa leva arcuata è unita colla chiavarda *q* chiamata chiave della fontana, il cui bottone *l* sporge in fuori comunemente da 4 o 5 pollici, quando la valvola è chiusa, accade che nello spingere colla mano esso bottone, l' arginello fa un moto per cui obbliga l'estremità *l* dell' altaleno a scendere, e l' altra estremità *k* a salire aprendo la valvola che lascia all' acqua la libertà di correre nel tubo, il qnale sbocca nel margine della fontana; ma allorchè si viene ad allentar la chiave, la valvola chiudesi, facendo fare all' altaleno ed all' arginello un movimento opposto al precedente: il che rimette la chiave nella sua prima posizione.

438. In quanto allo sfogo della superficie; nella parte *v* il tubo *g* è adattato con un piccol tino, la cui sponda è saldata sul fondo del serbatoio, ed in questo tino sta un vaso od imbuto attaccato al tubo *x v*, la cima del quale accompagnata da un collare, è quattro o cinque pollici più bassa della sponda superiore del serbatoio, che venendo ad empiersi durante la notte, il superfluo dell' acqua entra nel tubo, esce per l' orifizio esterno della fontana, e si diffonde fuori per nettare le strade, talmente che alla mattina la fontana trovasi provveduta di una gran copia d' acqua pel pubblico servizio.

439. Quando si vuol disseccare il serbatoio, incominciasi dal chiudere i buchi, che mettono nel bacino della fontana, quindi si leva il tubo *v x* per separare il vaso dal suo tino; allora l' acqua corre pel tubo *g* senza interrompere di sorta il corso di quella che è distribuita alle altre fontane.

MACCHINA DI *DE PARCIEUX* (*fig.* 1. *tav.* 21.)

440. Le manovelle arcuate che s' impiegano nella maggior parte delle macchine idrauliche sono care, di una esecuzione difficile, ed hanno inoltre il difetto assai grave di allontanare più o meno dalla verticalità i gambi sui quali agiscono. Sonosi proposti in vari tempi dei meccanismi che possono surrogarle vantaggiosamente. Fra questi si distingue quello praticato nella presente macchina rimarcabile per la sua semplicità. Questa macchina è a ruota di cui si può alzare ed abbassare l' asse, come quella del ponte di Nostra Signora già descritta. Ad ogni estremità dell' albero di questa ruota vi sono due rocchetti *b b*, i cui fusi trovansi posti alternativamente: cioè, un fuso d' un rocchetto corrisponde in mezzo allo spazio dei due fusi dell' altro rocchetto.

441. I due rocchetti d' ambedue le estremità dell' albero, abbassano a vicenda due leve *a a*, ciascheduno la propria. Ogni leva è unita da un tirante *c* nell' estremità di un bilanciere, od altaleno *d*; finalmente alle altre estremità di questi bilancieri sono attaccate le verghe traenti degli stantuffi.

442. Sin qui questi stantuffi non ricevono dalla macchina che un moto verticale dal basso in alto per far salir l' acqua, nulla determinandoli a scendere, se non che il loro peso, e quello dei loro tiranti; ma se tutti i pezzi stessero in equilibrio, il peso non potrebbe più obbligare lo stantuffo a scendere.

443. Poichè il moto de' bilancieri è alternativo, cioè che avvi sempre da una parte della macchina un bilanciere che trae lo stantuffo, mentre un bilanciere dall' altra dee lasciar discendere il suo stantuffo, così il sig. *De Parcieux* ha combinato due bilancieri insieme con un terzo bilanciere *f* pure ad altaleno, per modo che il bilanciere che trae il suo stantuffo determina l' altro a muoversi dalla banda opposta, e a lasciar discendere il proprio.

444. Siccome la rapidità della Senna, sulla quale il sig. *De Parcieux* proponeva di collocare la sua macchina, varia notabilmente, egli ha immaginato di cambiare i punti del tiramento di questi bilancieri, ed avvicinarli più o meno al centro del loro moto secondo la forza maggiore o minore della corrente dell' acqua.

TROMBA D' *OBERDAMM* (*fig.* 4. *tav*, 22.)

445. Questa tromba stabilita sull' Alster ad Amburgo è stata descritta dal sig. *Marcel-De-Serres*.

446. La macchina d' *Oberdamm* è composta di quattro camere di trombe messe in azione da una ruota a pale. Questa macchina innalza in 24 ore, 38,016 metri cubi d' acqua ad 85 piedi di altezza. Ella è rimarcabile pel metodo adottato di trasmettere il moto agli stantuffi conservandone sempre il perpendicolo.

447. Ogni gambo dello stantuffo ha una catena sopra d' uno de' lati la quale prende in un rubinetto, di cui un quarto solo della circonferenza sostiene quattro fusi. I gambi delle trombe sono congiunti due a due col mezzo di una catena che passa sopra una puleggia, ed i rocchetti che corrispondono nelle catene degli stantuffi sono disposti in guisa che quando uno dei due cessa di premere sulla catena che gli appartiene, comincia l' altro a premere sulla propria, perciò accade sempre che l'uno dei due stantuffi è compresso dalla sua ruota, e siccome esso si attiene all' altro per una catena che li congiugne, così quest' ultimo il quale diventa indipendente dalla ruota a cui è unito, s' innalza altrettanto quanto il primo si abbassa.

448. Il moto è impresso alla macchina da una ruota a pale, sul cui albero è fissata una ruota dentata che ingrana in un rocchetto, l' asse del quale regge le ruote che operano l' elevazione, e l' abbassamento degli stantuffi; queste ruote in numero di quattro formano due a due il sistema del va e vieni, del quale abbiamo parlato, e spingono a vicenda i quattro stantuffi che sforzano l' acqua ad innalzarsi in un serbatoio non avente nulla di particolare; finalmente quest' acqua scende da detto serbatoio per mezzo di tubi che la conducono al suo destino.

La *fig.* 1. *tav.* 22. *a*, è una ruota a pale che comunica il moto a tutta la macchina. — *b*, ruota dentata stabilita sull' asse della ruota a pale. — *cccc* carruccole che entrano nella composizione del va e vieni. — *dddd* catene fissate sul gambo degli stantuffi, e che ingranano nelle ruote precedenti. — *e* rocchetto che ingrana nella ruota dentata *b*. — *ffff* camere di tromba. — *i*, *i*, tubi d' ascensione a centina; in cima all' angolo, i tubi *mm* si uniscono in uno solo, che sale verticalmente fino al serbatoio d' onde partono tre tubi di discesa che condncono l' acqua al suo destino.

MACCHINE IDRAULICHE MOSSE DAL VAPORE.

449. A primo aspetto, si crede che il miglior mezzo per innalzar l' acqua d' un fiume sia d' impiegare una macchina, ove la corrente stessa del fiume esercita la sua azione motrice; imperocchè si dirà che la corrente agisce gratuitamente, laddove il vapore esige una quantità notabile di combustibile. Cotesto vantaggio è senza dubbio importante, ma

riflettendovi maturatamente, si scorge che è compensato, ed anche superato da gravi inconvenienti.

Una macchina mossa dalla corrente deve essere collocata nel luogo dove essa stessa ha la maggior forza, e comunemente si cerca di accrescere la sua energia, ristringendo il letto del fiume, e dirigendo col mezzo d' argini, e di chiuse l' acqua contro la ruota della macchina: ora tutto ciò nuoce alla navigazione, ed ingombra il fiume.

450 La forza della corrente è sottoposta a grandi variazioni, la cui conseguenza è di rendere incostante ed incerto il prodotto della macchina, e tal prodotto sarà sempre necessariamente limitatissimo qualunque sieno le dimensioni.

451. Una macchina mossa dal vapore può essere eretta in un luogo, da non apportare alcun danno; composta di materiali i più durevoli, sarà collocata in un edifizio che abbia la maggior solidità possibile. Così non esigerà che pochi ristauri, e non molto importanti a paragone di quelli che sono indispensabili nelle macchine mosse dalla corrente.

452. Il prodotto di questa macchina non è soggetto a variare, ed il lavoro non sarà giammai interrotto, purchè si abbia la precauzione di situare nel medesimo edifizio due macchine, l' una delle quali agisca, mentre l' altra si ristaura. Del resto se ne può ottenere un prodotto molto superiore a quello che somministrerebbe una macchina della più gran dimensione mossa dalla corrente.

453. La città di Parigi vanta due edifizi, ove sono collocate delle macchine che innalzano l' acqua della Senna mediante l' azione del vapore. Il primo è a Chaillot, l' altro a Gros-Caillou. Un terzo edifizio è stato eretto al di là del giardino reale, senza che sia stato posto in attività. Tutte queste macchine diventeranno inutili quando sarà perfettamente compiuto il canale dell' Ourcq.

MACCHINA DI CHAILLOT.

454. Questa macchina fu costrutta dal signor *Perrier*; è di semplice effetto, cioè il vapore non agisce che sulla superficie superiore dello stantuffo per farlo scendere, mentre un contrappeso lo fa poscia risalire. (Vedi ciò che abbiamo esposto su tal proposito nel capitolo 3 del primo libro del *Trattato sulla composizione delle macchine*.)

455. Siffatta macchina innalza l' acqua per mezzo d' una sola tromba aspirante premente all' altezza di 95 piedi. Per evitare l' interruzione dello scolo dell' acqua, questa tromba è corredata di un gran recipiente d' aria (68). Il tubo sagliente conduce l' acqua in un serbatoio situato cinque o sei cento piedi lontano dalla macchina sulle alture

di Chaillot, e s' innalza seguendo il pendìo del terreno. Dei tubi d' acquedotto partono dal serbatoio dirigendosi nei diversi rioni di Parigi.

456. Due macchine simili sono collocate nello stesso edifizio, e lavorano alternativamente.

Cotesta macchina che consuma più di 20,000 libbre di carbone al giorno, e che cagiona una spesa quotidiana di 850 franchi, solleva circa 64,000 piedi cubi d' acqua all' altezza di 95 piedi.

457. Una delle macchine di Gros-Caillou è a semplice effetto come la precedente, e l' acqua è alzata col mezzo di una sola tromba fornita d' un recipiente d' aria; se non che il serbatoio è posto in una torre che s' erge al di sopra dell' edifizio; quattro tubi scendenti partono da questo serbatoio, e conducono l' acqua nelle fontane, cui ella dee alimentare.

458. L' edifizio di Gros-Caillou conteneva due macchine simili a semplice effetto, costrutte dalli signori *Perrier*. Una di esse è stata surrogata con una macchina a due cilindri del sig. *Edwards*. Noi avremo campo di occuparci di questa nel quarto libro del presente trattato.

MACCHINE DESTINATE AD INNALZARE UNA PORZIONE DI UNA CORRENTE D' ACQUA MEDIANTE LA PROPRIA FORZA.

459. Non è cosa indifferente scegliere nei diversi casi che possono presentarsi, una macchina anzichè un' altra; poichè l' esperienza ha dimostrato che una macchina eccellente in un' occasione determinata, diventa cattiva in un' altra.

460. L' ariete idraulico merita la preferenza non solamente per la sua semplicità, ma eziandio per l' abbondanza del suo prodotto, quando l' altezza a cui si vuol far giugner l' acqua, non è che il doppio, il triplo, o tutt' al più il quadruplo dell' altezza della caduta; se la prima altezza è più considerabile in paragone della seconda, per esempio, se è sei od otto volte maggiore, allora l' ariete diventa svantaggioso, e deggionsi preferire le trombe mosse dalle ruote idrauliche, o da una macchina a colonna d' acqua.

461. Avvi ancora una scelta da fare fra le ruote idrauliche. Quando la caduta dell' acqua è quattro piedi o meno, convien impiegare una ruota a pale; e per ottenerne il più grand' effetto, fa d' uopo 1. che la sua velocità sia i due quinti di quella della corrente; 2. che la corsìa non abbia se non se la larghezza puramente necessaria perchè la ruota si muova senza attriti; 3. che sia praticato un gradino nell' estremità

inferiore della corsìa per dare un pronto sfogo all'acqua dopo la scossa. (Vedi il cap. 2. del 1. libro del *Trattato sulla composizione delle macchine*). Nei paesi, ove il ferro fuso costa poco, riesce vantaggioso impiegar questa materia per formarne le pale, e i quarti della ruota. Con tal mezzo si ottiene una maggiore solidità, e nell'istesso tempo la ruota acquistando del peso verso la sua circonferenza, può in qualche modo adempiere l'offizio di volanda, e correggere in parte le irregolarità del moto inevitabile nelle macchine, in cui vengono usate le trombe.

462. Le ruote a pale sono assai meno vantaggiose di quelle a vasi, giacchè la teorica e l'esperienza si riuniscono per provare che a parità di circostanze, il prodotto delle prime non è che la metà circa di quello delle seconde. Bisogna dunque valersi di quest'ultime qualora si può. Il sig. *Buchanan* valente ingegnere inglese ha prestato un gran servigio alle arti, inventando un mezzo facile d'impiegar le ruote a vasi con una caduta bassissima, e ottenerne un effetto quasi eguale a quello che produrrebbe l'acqua cadendo dal punto più elevato della ruota. Questa bella ed utile invenzione è descritta nel *Trattato sulla composizione delle macchine* (paragrafo 149). Si può farne uso con profitto, allorchè si ha una caduta d'acqua dai quattro ai dieci piedi.

463. Se la caduta ha più di dieci piedi, e meno di venti, la ruota a vasi del sig. *Nouaille di Gréat-Néss* merita la preferenza. È questa descritta nel *Trattato sulla composizione delle macchine* (paragr. 151.)

464. La macchina migliore che si possa adottare per le alte cadute ch'eccedono venti o trenta piedi, è la macchina a colonna d'acqua (269 e seguenti). Viene da molti anni impiegata con molto vantaggio nelle miniere di Germania, dove pel poco volume che occupa, e pel prodotto vantaggiosissimo che reca, è stata riguardata preferibile a tutti gli altri mezzi conosciuti.

465. La macchina inventata dall'ingegnoso sig. *Trouville* potrebbe forse rendere utili servigi in molti casi; noi diciamo forse, perchè dobbiamo dolerci che non sieno ancora state eseguite delle prove in grande per verificare se realmente questa invenzione così singolare soddisfi le speranze che ha fatto concepire.

466. Le norie, le trombe a cappelletti, le ruote a timpano ed a lumache, macchine vantaggiosissime nei casi in cui l'acqua non deve esser trasportata che ad una piccola altezza, lasciano di esserlo quando quest'altezza è grande. Noi non ci occuperemo delle combinazioni delle norie, dei cappelletti, o dei timpani soprapposti in vari piani per innalzare l'acqua a più riprese. Tali combinazioni complicate ed incomode non furono mai impiegate con profitto, siccome pure le combinazioni degli altaleni.

CAPITOLO III.

Delle trombe d'incendio.

467. Le trombe destinate a spegnere gl'incendii, debbono avere delle qualità particolari che le distinguono dalle altre macchine idrauliche, e sono:

1. Di essere leggiere, poco voluminose e disposte in modo da poter essere trasferite da un luogo all'altro colla più gran prestezza.

2. Di ammettere l'azione simultanea del maggior numero d'uomini possibile, i quali sieno in grado di operare con gagliardia, ma senza scosse dannose alla macchina; che non v'abbia, mentre la macchina agisce nè imbarazzo, nè confusione; che gli uomini possino spiegare tutta la loro forza in una posizione egualmente vantaggiosa, e che niuna parte di questa forza sia perduta, od assorbita senza vantaggio.

3. Di lanciare continuamente la più gran massa d'acqua più lontano che sia possibile.

4. Di dar la facoltà di dirigere il getto d'acqua in tutte le parti, di concentrare, o di sparpagliare il suddetto getto a piacimento.

468. Le trombe d'incendio sono comunemente composte di due camere di tromba unite ad un recipiente d'aria. Il tubo aspirante è di cuoio, composto di molti pezzi che si congiungono insieme con anelli a chiocciola ed a vite. Siffatta disposizione rende il tubo flessibile e leggiero, permette di allungarlo, e di dirigerlo verso tutte le parti, per attigner l'acqua dai pozzi, o serbatoi che trovansi più vicini al luogo ove la tromba deve agire. Nel caso che questi pozzi o serbatoi siano troppo lontani da poter immergervi il tubo di cuoio, l'acqua è trasportata in secchi da una o più file d'uomini che vengono schierati dal serbatoio d'acqua sino alla macchina. I secchi sono passati con celerità da una mano all'altra, e l'acqua cui essi contengono è versata in un recipiente che racchiude la macchina. Questo recipiente, o cassa è posto sopra d'un carretto per essere strascinato col mezzo di cavalli, o di uomini.

469. Il tubo sagliente comunica col recipiente d'aria, sul quale s'innalza ad una breve altezza, e si unisce poscia ad un capo del tubo mobile, che serve a dirigere il getto d'acqua; l'unione di questi due tubi si opera mediante una striscia di cuoio, la cui flessibilità cede a tutti i movimenti, ovvero mediante un capo del tubo ricurvo che è attaccato con viti ad altri due. La fig. 2. (tav. 14.) dimostra cotesta disposizione. Il tubo sagliente B è accompagnato da un recipiente a due manichi A forato, ed avente una chiocciola al di dentro con un orlo interno, il diametro del quale è dello stesso calibro del tubo B, cui esso recipiente non può abbandonare.

470. Il tubo intermedio ricurvo D, è tagliato a vite nelle sue estremità così che la superiore si assetta coll'ultimo tubo C, corredato di un recipiente a chiocciola simile al primo A, con quest'unica differenza ch'esso non ha manichi per girarlo, imperocchè essendo più piccolo può essere più agevolmente maneggiato.

471. Il tubo C, che conforme abbiamo detto serve a dirigere il getto, è conico, e la sua apertura superiore, molto stretta, per cui comunica all'acqua che vi passa di mezzo una gran velocità: essendo appunto per tal velocità acquistata in questo passaggio angusto che il fluido s'innalza ad una ragguardevole altezza.

472. Il recipiente d'aria è indispensabile nelle trombe d'incendio per produrre la continuazione del getto (68).

Le due trombe inglesi che siamo per descrivere, sembrano più perfette di quelle che si costruiscono comunemente in Francia.

TROMBE D'INCENDIO INGLESI.

473. Le figure 3, 4, 5, e 6 (*tav.* 23.) rappresentano le trombe d'incendio impiegate a Londra. Queste trombe sono per la semplicità e per la vantaggiosa disposizione delle loro parti preferibili a quasi tutte le trombe analoghe adottate sul continente. Se ne costruiscono di sei grandezze diverse, alle quali si applicano da 8 sino a 24 uomini.

474. Le trombe più piccole somministrano 70 galloni (*a*) (7,7 piedi cubi francesi d'acqua) al minuto che vibrano a 110 piedi di altezza. Le più grosse danno 120 galloni d'acqua al minuto scagliata a 156 piedi. Le trombe medie manovrate da 14 uomini danno 100 galloni, cioè un poco più di 11 piedi cubi d'acqua al minuto, mandandola 120 piedi lontano.

475. La macchina vedesi fuori della cassa che la racchiude comunemente, e che le serve di serbatoio allorchè si vuol far agire la tromba recandovi dell'acqua.

A, è la camera della tromba in che sale e scende lo stantuffo B. Una camera di tromba affatto simile è posta da una parte in C.

R Y rappresenta un tubo di cuoio guernito al di dentro di un filo d'ottone assai grosso, girato a spirale per impedire che nell'aspirazione non si appiani esso tubo a motivo della pressione atmosferica. Esso è più o meno lungo in ragione della distanza del serbatoio, nel

(*a*) *Gallone* è una misura di liquidi in Inghilterra, contenente 4 litri e due terzi, che sono boccali 3 e due terzi di Bologna, o 2 e mezzo di Roma.

quale si attuffa l'estremità Y, formata di un cilindro di metallo forato con gran numero di buchi. Questo tubo si attacca con viti in R ad un canale che comunica a traverso d'un rubinetto, e per entro al tavolone MM sino all'orifizio *a* coperto da una valvola nella parte inferiore della camera della tromba A.

476. Si comprende, che quando lo stantuffo B è in fondo alla camera della tromba, e viene alzato, l'acqua è aspirata dal tubo YR, e sollevando la valvola *a*, essa riempie allora la camera della tromba.

477. Allorchè scende nuovamente lo stantuffo, quest'acqua ricompressa non può prendere la strada per la quale è venuta, e passa allora per un altro canale, di cui scorgesi l'accesso in *b*, e che scavato esso pure nel tavolone MM, va a terminare in una valvola posta in *c* sul fondo del serbatoio o recipiente T,T.

478. L'aria rinchiusa in questo recipiente è ricompressa dal basso in alto, a misura che l'acqua arriva dal fondo e ad ogni colpo dello stantuffo. La sua mole diminuisce, e la sua reazione elastica aumenta proporzionatamente; così, supponendo il recipiente esattamente cilindrico e pieno d'aria al grado di compressione che prova pel semplice peso dell'atmosfera, se si facesse risalir l'acqua mediante la ricompressione degli stantuffi sino alla metà del serbatoio, l'aria per così fatto modo ridotta ad uno spazio minore della metà, reagirebbe sull'acqua al di sotto di se stessa con una forza eguale alla pressione di un'intera atmosfera.

Quest'acqua gagliardamente compressa cerca di fuggire, e non può farlo senza insinuarsi nel tubo V, la cui estremità non tocca il fondo del recipiente, ed è vibrata dal getto I con grande impeto.

479. Quando non si vuole o non si può impiegare il tubo d'aspirazione YR, si fa fare un quarto di giro al rubinetto che vedesi in R, e l'acqua, di cui la cassa deve essere allora antecedentemente riempiuta, entra per l'orifizio *n* del tubo d'aspirazione.

480. Ecco ora qual è il meccanismo, sul quale agiscono gli uomini motori. I due travicelli NN sostengono un asse *z* mobile su due cardini. Quest'asse appartiene ad una spezie di quadro rettangolare *ll pp*, ai lati del quale si applicano i lavoranti che lo fanno salire, e scendere a vicenda per mezzo di un barcollamento regolare.

481. Ciascuno dei gambi *tt* degli stantuffi regge in una delle sue facce due catene dentro a due scannellature parallele. Queste catene fatte come le catenelle d'orologio ponno aggirarsi intorno all'arco di cerchio *u*, e raddrizzarsi alternativamente senza che segua sul gambo nè flessione, nè attrito eccessivo. L'una delle due catene è fermata da una parte in fondo al gambo, e dall'altra in cima all'arco circolare; per

essa lo stantuffo è tratto dal basso in alto, quando la puleggia muovesi da questa banda. L'altra catena è appiccata in cima al gambo ed in fondo all'arco, e produce la ricompressione, quando la puleggia movesi dall'alto al basso. Ogni catena è tesa più o meno in forza di una vite che agisce sulla sua estremità.

482. Gli operai intenti alle stanghe *ll pp* non sono i soli che vengono impiegati al lavoro della tromba, se ne dispongono altri che stanno in piedi coll'asse fra le gambe, e che si riposano sulle due staffe *mm*; questi operai inchinandosi vicendevolmente a dritta e a sinistra, contribuiscono col peso del loro corpo all'azione degli altri compagni, e tal peso distribuito però in vicinanza del piano verticale sopra del quale si ritrova il centro di gravità della macchina, concorre efficacemente a mantenerla ferma sulla sua base. Cotesti operai così disposti durerebbero fatica a conservare il loro equilibrio senza l'aiuto di una barriera che sormonta la cassa della tromba, e che non è rappresentata nella figura.

483. L'insieme della tromba e della sua cassa è sopra quattro ruote basse, e viene trasferito dal magazzeno al luogo ov'è l'incendio in una carretta sulla quale sale e scende la tromba mediante un piano inclinato, ed un verricello, essendo alla suddetta carretta attaccato un cavallo.

484. Le principali misure di una tromba media mossa da quattordici uomini sono le seguenti.

Diametro interno della camera della tromba pollici	6
Giuoco dello stantuffo	10
Braccio della leva	24
Raggio dell'asse	8
Altezza del tamburo	56
Suo diametro medio	11
Diametro del tubo V	1,75
Diametro interno dei tubi d'aspirazione e di comunicazione col tamburo	2,25

485. Se si paragonano le trombe d'incendio comuni con quelle cui abbiamo descritte, si osserva:

1. Che nelle prime, l'azione degli operai che comprimono da una parte tende dal canto opposto ad innalzar la cassa tutta, che è pure scossa a vicenda in una maniera dannosissima alla sua conservazione. La tromba inglese, meglio mantenuta sulla sua base dal peso degli operai disposti nel piano verticale che passa pel suo centro di gravità, soffre assai meno di questo difetto.

2. Nelle altre, l'acqua nel suo moto dal serbatoio sino al getto, prova molti cambiamenti di direzione, qualcuno de' quali ad angoli retti;

ne ridonda perciò un attrito ed una reazione considerabile che aumentano la fatica degli operai; del resto il tubo ricurvo destinato a dare al getto qual si voglia occorrente direzione è un apparecchio complicato atto ad essere disestato, ed il cui grave peso posto all'estremità di un lungo tubo ascendente, stanca questa parte di macchina. Siffatti difetti sono evitati nelle trombe inglesi; l'acqua compressa nel serbatoio sale pel tubo che vi è semplicemente immerso e non prova in tutta la sua ascensione altro cambiamento di direzione tranne quello che risulta dalla inclinazione del getto. Il tubo ricurvo destinato a permettere tale inclinazione non è che un semplice budello di cuoio, la cui estremità presenta un tubo di rame battuto, leggierissimo, e molto maneggiabile.

TROMBA D'INCENDIO DI *BRAMAH*.

486. *Bramah*, uno dei più dotti meccanici dell'Inghilterra costrusse ottime trombe d'incendio che sono di un grandissimo effetto. L'accademia dell'arti e mestieri ne possiede una singolare per l'accurata ed elegante sua esecuzione. Questa tromba preferibile per ogni riguardo a quelle impiegate dal corpo de' pompieri di Parigi, è stata presa a bordo di una nave di linea Inglese. Quella che siamo per descrivere, quantunque formata dietro gli stessi principii è più semplice, e di una costruzione meno costosa. Le fig. 1 e 2 (tav. 23) la rappresentano.

487. Tutto il meccanismo è racchiuso in una botte o cilindro di legno A, sormontato dalla cassa B. Questo recipiente o sopracoperta è congegnata fortemente con cerchi stretti a vite, e la sua grandezza varia secondo la forza che si vuol dare alla tromba.

488. Si osserva nella parte superiore della botte un'apertura così ampia da lasciar l'ingresso agli operai quando trattasi di ristaurare, o visitare la tromba; essa apertura si chiude col mezzo di un cocchiume ed un saliscende allorchè si vuol empiere la botte d'acqua.

Nella cassa B fissata al di sopra della botte, si ripongono i tubi di servizio e gli altri utensili. Vi ha la divisione *b* che serve unicamente a coprire il globo di rame, od il serbatoio d'aria della tromba per preservarli dagli accidenti.

489. La botte è sostenuta dalle mensole *aa* combinate sopra l'asse del carro e bene assicurata su dette mensole con cavicchie e cerchi.

490. L'interno della botte è diviso in tre parti dagli assiti EE incastrati a scannellatura nelle doghe laterali. La parte dell'estremità a destra è destinata a contenere il meccanismo della tromba, come pure i bracci delle leve a dritta che deggiono farla agire. La parte di mezzo

forma un serbatoio d' acqua per alimentare la macchina, e finalmente l' ultima parte non comprende che i bracci delle leve a sinistra.

491. Le leve indicate dalle lettere P P passano a traverso le fenditure C C.

G, è una camera di tromba a stantuffo girante, costrutta secondo l' accennato sistema (105), e che vedesi rappresentata dalle *fig.* 2. e 3. *tav.* 7. L' asse dello stantuffo girante di questa tromba passa di mezzo all' assito E; si rende questa parte resistente all' acqua mediante una sponda, e molti collari di cuoio trattenuti fortemente con chiavarde di ferro in forza delle chiocciole *h h*.

492. *fig.* 1. e 2. *tav.* 23. H è un gambo combinato coll' estremità dell' asse dello stantuffo girante col mezzo di un collare a chiavetta L; l' altra estremità di esso gambo attraversa un recipiente o breve sezione di tubo a cuoio K nell' assito a sinistra E, il qual gambo attraversa parimente lo spazio a sinistra M, passando per mezzo il centro del braccio della leva P, terminando poscia in un cardine con recipiente a cuoio N coperto di un recipiente a dado *o*. Con siffatto espediente, le leve delle due estremità sono combinate, e si muovono simultaneamente. Gl' incavi o fenditure *c c* nelle quali passano, hanno soltanto la lunghezza necessaria per fissare il corso determinato di dette leve, onde impedire che la macchina non provi nocumento per l' energia del lavoro che è di molto affrettato nei casi in cui viene impiegata questa tromba.

T, rubinetto d' aspirazione adattato ad un tubo, la parte del quale U comunica coll' interno del serbatoio, e l' altra V coi tubi d' aspirazione W. Questa parte è terminata da una vite che serve ad aggiustare il coperchio *r*, e i tubi d' aspirazione W.

493 Y tubo di ricompressione che passa per mezzo il fondo a sinistra, sul quale è attaccato con viti il tubo di sfogo per ispegnere gl' incendi; fuori del servizio attivo, chiudesi questo col coperchio *v* che vedesi appeso ad una catena. Egli è in virtù di tal passaggio che si può, cambiando il rubinetto a scannellatura S, riempiere il serbatoio E. Questo rubinetto a scannellatura apre e chiude la comunicazione del braccio premente per empiere il serbatoio col solo effetto dell' aspirazione allorchè giuoca la tromba.

Z globo o serbatoio d' aria; è di rame.

494. La *fig.* 7. *tav.* 23. mostra un pezzo di ricambio da adattare a questa tromba per isfogo dell' acqua quando si vuole spargerla in varie direzioni. L' apertura di questi buchi debbe essere maggiore di quella dei buchi d' aspirazione W fig. 1; cinque sedicesimi di pollici di diametro basteranno per una tromba di gran dimensione. Non bisogna servirsi di questi pezzi di ricambio d' innaffiamento se non quando si possa

appressare assai d' avvicino al luogo ove l' incendio è cominciato. In tutti gli altri casi fa d' uopo impiegare i tubi comuni di sfogo.

CAPITOLO IV.

Del disseccamento delle paludi.

495. Il disseccamento delle paludi, degli stagni, e generalmente di ogni sorta d' acqua morta, è un servigio eminente che rendesi alla società, ed una sorgente di ricchezze pel capitalista che intraprende quest' utile speculazione, supponendo però ch' egli abbia le opportune cognizioni per dirigerla con prudenza ed intendimento, e che sappia porre a profitto l' esperienza delle persone versate in questa spezie di lavori.

496. Col disseccamento, è renduta la salubrità a paesi sfortunati, stati da febbri intermittenti e da epidemie micidiali, spopolati. Col disseccamento, vaste superficie incolte diventano atte a produrre.

497. Niuna speculazione merita maggiormente la protezione speciale del governo. La Francia serba tuttora più d' un milione e cinquecento mila iugeri (1) di terreno sommerso. Quale sorgente di dovizia se si arivasse a coltivare questo immenso spazio! Osservasi con soddisfazione che molte ampie intraprese di simil genere sono ora in attività; il disseccamento della bella valle d' Autin merita particolarmente di essere mentovato. Tale disseccamento ebbe principio nella primavera del 1818 ed avrà termine nel corrente anno 1819. Esso abbraccia un' estensione di sei leghe e mezzo; il luogo è situato fra Montrevil ed Abbeuille; e per mezzo d' argini e di chiuse si è pervenuto a frenare il flusso del mare, ove scolano le acque superflue della valle.

498. Innanzi d' intraprendere il disseccamento di un terreno paludoso, è necessario di conoscere le cagioni che hanno prodotto, e che mantengono il suo allagamento, onde annientarle. Per giugnere poi a questa conoscenza, bisogna prima d' ogni altro fare un esatto livello.

Quattro motivi principali possono generare una palude; 1. l' abbandono di un terreno incolto che presto copresi d' acque, le quali divenute stagnanti, si scavano impercettibilmente un bacino più o meno grande; 2. la disposizione del terreno; le acque coprono agevolmente una superficie poco inclinata, e vi formano piccole lacune continuamente

---

(1) Il iugero antico Francese per le terre coltivate, sta all' ettaro, o Tornatura nuova Italiana come 3, a 1. presso a poco cioè, come una Tornatura Italiana o ettaro equivale a 3 iugeri o arpents. (nota del trad.)

alimentate, l' erbe palustri crescono, cresce l' acqua, e queste piccole lacune aumentandosi, si uniscono, e formano una palude; 3. le infiltrazioni dell' acqua di un canale, o d' un fiume.

Si può disseccare uno spazio sommerso in tre maniere; 1. col mezzo di piantagioni; 2. di fossatelli; 3. con esaurimenti meccanici. Noi indicheremo soltanto le prime due, per fermarci spezialmente sulla terza.

DISSECCAMENTO PER PIANTAGIONI.

499. Vi sono delle paludi, cui la loro posizione non permette di disseccare. Allora il miglior mezzo per rassodarle si è di piantarvi ovunque salci, ontani, pioppi, vinchi, e seminarvi molte piante labiate, ranuncolose, ombrellifere ec. A capo di qualche anno si alzerà il suolo e si vedrà disseccato. L' esperienza ha dimostrato che un salice di dieci anni, per esempio, poteva assorbire quasi sei libbre d' acqua in ventiquattr' ore.

DISSECCAMENTI PER FOSSATELLI.

500. In molti casi si ottiene immediatamente il disseccamento, scavando fossatelli, e canali che mettino capo in un fiume o in una corrente d' acqua qualunque. Le terre provenienti da quelle escavazioni servono per alzare e consolidare il suolo nel tempo medesimo che i fossatelli stessi facilitano lo scolo delle acque stagnanti. Si piantano poscia sulle loro rive salci, ontani, vinchi per fermare le terre melmose. I pioppi del Canadà, della Svizzera, e dell' Italia prosperano benissimo nei terreni di tal natura.

501. Allorchè si eseguiscono di queste sorta di lavori, bisogna prendere tutte le necessarie precauzioni per non compromettere la salute degli operai. Esse consistono principalmente: 1. a cominciare i lavori di primavera e terminarli prima delle piogge d' autunno. 2. a dar subito lo scolo alle acque stagnanti; 3. a variare il lavoro degli operai, talmente che colui il quale sarà stato impiegato uno o due giorni a scavare dei fossi nella melma, sia il giorno appresso occupato nel trasporto delle terre nelle piantagioni; 4. ad innalzare le parti del terreno destinate alla coltura; 5. ad invigilare che ne' gran caldi, gli operai si rinforzino con un poco d' acquavite alla mattina; 6. ch' eglino non si riposino, nè dormano mai sulle terre smosse di fresco, e non vi prendino sopra l' usato cibo. Tali sono i mezzi praticati dal sig. *Sommariva* col più felice esito, quando intraprese il disseccamento dello stagno di Coquenard.

502. La *fig.* 2. *tav.* 22. rappresenta una vanga impiegata in Inghilterra per iscavare i fossatelli di prosciugamento nelle paludi. L' operaio che dee servirsene, si colloca sopra il telaio di legno fig. 3. formato di tavoloni di quercia paralleli *a a*, e delle due traverse *b b*, ad una delle quali è adattata la cavicchia *d* che serve per alzare il telaio. L' oggetto di questo telaio è di dare uno stabile appoggio ai piedi dell' operaio, e nel medesimo tempo dirigerne il suo lavoro. L' operaio mette la vanga fra i tavoloni *a a*; questa vanga è composta del manico *m* corredato di una lamina di ferro per sostenere lo sforzo di due ali o parti sporgenti in fuori *b b* che servono a due usi: 1. per determinare la profondità ove deve essere affondata la vanga; 2. per servir d' appoggio ai piedi dell' operaio che vi monta sopra, e per produrre col peso del proprio corpo l' immersione della vanga, sinchè il dissotto delle ale venga a riposarsi sopra i tavoloni. Il ferro dello strumento *u* è concavo ed aguzzato in modo da tagliare da ambo i lati, avente di più il fondo inacciarito.

503. In alcuni luoghi dell' Inghilterra si scavano i fossatelli di prosciugamento con un grande aratro a due coltri divergenti, il cui offizio è di tagliare il fosso di disseccamento, richiedendosi perciò secondo l' umidità del suolo, 13, o 20 cavalli.

504. Il sig. *Adam Scott* ha inventato un aratro per disseccare i terreni, che trovasi descritto nel vol. 15, *Transactions of te Society of arts*, del quale daremo la figura, ed una più ampia descrizione nel *Trattato speciale sulle macchine d' agricoltura*. Quest' aratro consiste in un coltro lungo 15 pollici sopra 2 e mezzo di larghezza, destinato a fendere le zolle. Dietro a questo coltro è un cono di ferro fuso fissato in una direzione orizzontale, lungo 20 pollici, con una base di due pollici e mezzo di diametro. Nel mezzo di esso trovasi attaccata una stanga verticale di 2 piedi di lunghezza sopra 3 pollici e mezzo di larghezza, la quale è affilata e tagliente. Si fa entrare questo cono 6 od 8 pollici sotto terra ne' luoghi paludosi, di primavera e d' autunno, facendogli percorrere molte linee parallele nella direzione del naturale declivio.

DISSECCAMENTO COL MEZZO DI ESAURIMENTI MECCANICI.

505. Per disseccare un terreno allagato, bisogna prima contenere le acque esterne, far sì che non iscorrino nello spazio da disseccarsi; quindi estrarre le acque interne.

506. Si adempie al primo oggetto circondando di argini lo spazio da disseccare. Questi argini debbono essere costrutti, e fondati in modo da

impedire ogni infiltrazione; quindi non hanno da essere stabiliti sopra un fondo calcareo permeabile, nè sopra un suolo che non offerisse se non della cruda sabbia, ma la base loro dee posare sopra un fondo di argilla, o su di uno strato impermeabile all' acqua.

507. Nulla di meno, se non s' incontrano che terreni contrari, fa d' uopo vestir l' argine che si costruirà, d' alberi, d' arboscelli, di tamarisci, e seminarvi dell' erbe perenni. In breve le radici intrecciate rassodano il terreno; le foglie infracidite, gli avanzi delle piante coprono questi argini di terra vegetale e di erba che arrestano le acque; in simili casi però non sarebbe prudente cosa intraprendere lavori in grande prima di aver fatto precedere alcuni esperimenti.

508. E poichè questa specie di argini sono poco stabili, avvi un mezzo ingegnoso per custodirli ne' primi anni, coprendoli tutti di canne palustri, di scheni, di tife, ed altre piante acquatiche che nascono in copia nelle paludi, trattenendo esse piante a forza di pertiche fermate con uncinetti di legno conficcati nel terreno.

509. Si ottiene poscia l' intento del prosciugamento col mezzo di sifoni, o di macchine. I sifoni sono impiegati tutte le volte che si può far correr l' acqua in un luogo più basso; in tal caso, l' uso dei sifoni risparmia sovente delle spese considerabili di escavazione.

SIFONI (*fig.* 1. *tav.* 23.)

510. Il Sig. *Lebrun* adottò il sifone seguente per compiere gli esaurimenti necessari al ristauro di un argine costrutto sulla Mosella (*a*). Il sifone traversava l' acqua oltre l' argine. La differenza del livello dentro e fuori era d' un metro circa; il lungo braccio del sifone stabilito sulla larghezza dell' argine aveva 30 metri di lunghezza sopra 8 centimetri di diametro: le due estremità di esso sifone erano chiuse da un turaccio di legno; cotesto sifone empivasi d' acqua per l' imbuto *i*, mentre l' aria n' usciva pel rubinetto *m*. Quando il sifone era pieno d' acqua chiudevasi tal rubinetto, e si attaccava con viti un coperchio sull' imbuto, tenendo il rubinetto *k* aperto. Il corpo dell' acqua nel sifone essendo lento, l' aria strascinata da quest' acqua si accumulava nel punto più alto del sifone, ed occupava l' imbuto *i*; per toglierla, chiudevasi il rubinetto *k*, levando il coperchio dell' imbuto che si rimetteva dopo aver empiuto d' acqua esso imbuto: ed allora si apriva il rubinetto *k*. Era stato collocato sul coperchio un tubo di vetro, il quale permetteva di vedere un ago sostenuto da un galleggiante, e che indicava il momento, da espeller l' aria, e riempiere l' imbuto d' acqua.

511. I grandi sifoni impiegati negli esaurimenti possono essere costrutti di mattoni; ne abbiamo un esempio nei lavori eseguiti sul canale della Linguadoca vicino a Capestang e a Ventenac negli anni 1776 e 1778.

512. I sifoni non possono adoperarsi che nei casi, in cui il livello dell' acqua da esaurire si trovi più alto di quello ove si desidera che quest' acqua vada a correre; negli altri casi fa d' uopo servirsi indispensabilmente delle macchine. Noi distingueremo tre spezie di macchine impiegate a tale effetto: 1. Le macchine mosse dai cavalli: 2. quelle mosse dal vento, come i *polders* degli Olandesi, e finalmente le macchine mosse dal vapore, delle quali citeremo un esempio descrivendo i lavori eseguiti per il dissecamento dello stagno di Citis.

MACCHINE MOSSE DAGLI UOMINI, O DAGLI ANIMALI.

513. Quando per asciugare un terreno si tratta d' innalzare una quantità d'acqua poco considerabile all' altezza di tre o quattro piedi, la maniera più semplice e nel medesimo tempo più spedita di esaurir l' acqua, è il *travasamento*.

TRAVASAMENTO.

514. Chiamasi con tal nome ogni esaurimento d' acqua praticato per mezzo d' uomini coi *secchi*, coi cesti, e colle pale, cui eglino pongono in opera senza l' aiuto di alcun intermedio nè appoggio. (Vedi il capitolo 1. del primo libro di questo Trattato.)

515. Per poco che siffatto lavoro debba essere prolungato con attività, il travasamento diventa faticoso, ma produttivo; perciò si è cercato di alleggerire il lavoro degli uomini o col guernire di secchi la periferia d' una ruota, o valendosi degli altaleni semplici.

ALTALENI.

516. Le *fig.* 2. e 9. *tav.* 1, e le *fig.* 6. e 7. *tav.* 2., indicano quattro spezie di altaleni semplici e vantaggiosi in varie circostanze.

MANEGGI.

517. Alcune volte la quantità dell' acqua da innalzare è talmente copiosa che i mezzi semplici da noi descritti riescono insuficienti, e l' umana forza troppo debole; allora bisogna ricorrere ad agenti più efficaci quali sono i cavalli, e meglio d' ogni altro il vapore.

MANEGGIO AD ALTALENO. (*fig.* 10. e 11. *tav.* 1.)

518. Trovasi nell' antica raccolta di *Besson* un altaleno ingegnosissimo mosso da un cavallo. Esso altaleno potrebbe essere impiegato per sollevar l' acqua all' altezza di 8 o 10 piedi,

519. Cotesto altaleno, di cui scorgesi il piano fig. 11, e l' elevazione fig. 10. regge alle sue estremità due secchi *a* e *b* che sono appesi a chiavarde, sulle quali possono girare liberamente.

520. *bb* denota il serbatoio, ove i secchi depongono l' acqua che hanno attinta — *dd* è il piano del maneggio, nel quale sono due buchi *mm*, entro cui passano i secchi per attigner l' acqua.

521. L' altaleno *pp* è fermato fra quattro travicelli *cccc*, i quali non gli lasciano altro moto se non se quello dell' ascensione e della discesa in un piano verticale.

522. L' altaleno è posto in moto dal maneggio nel modo seguente. L' asse A di questo maneggio sostiene un piano obbliquo *rr* nel quale trovasi una cavità rotonda, dove entra un maschio sporgente in fuori *s* dell' altaleno. Si comprende che se un cavallo applicato alla leva *d* fa girar l' asse A, e per conseguenza il piano o piattaforma *rr*, questa in grazia della sua obbliquità, comunicherà all' altaleno il moto di depressione e di elevazione che trasporterà uno dei secchi verso il serbatoio per vuotarsi, facendo scendere nel medesimo tempo l' altro per attinger l' acqua.

POLDERS.

523. Si attribuisce cotesto nome ai grandi disseccamenti in Olanda, e nella Fiandra marittima.

(*a*) Esistevano fra le città di Dunkerque, Berg-Saint-Vinox, Honscoote, e Furnes, dei laghi conosciuti sotto il nome di Moërs. Questi laghi furono disseccati nel principio del sedicesimo secolo, e coltivati sino all' anno 1746, epoca in cui questi terreni rimasero innondati dalle acque del mare per le fortificazioni di Dunkerque allora assediata. Molti tentativi, fatti di poi onde ridurre nuovamente a coltura essi laghi, non ebbero per effetto che la rovina di coloro che gl' intrapresero. Finalmente i fratelli *Harwyn* concepirono l' ardito progetto di separare i laghi mediante un argine, il che formò tre *polders* contenenti insieme tre mila iugeri separati da dighe, e da sostegni. Per innalzar le acque,

(*a*) Corso d' agricoltura. tomo 10, pag. 289.

eglino eressero cinque mulini a vento che le versarono in un canale di circuito, d' onde corsero al porto di Dunkerque. La spesa di siffatto lavoro fu presso che totalmente perduta nel 1793 in conseguenza della guerra, i *polders* furono sommersi, e poscia di nuovo prosciugati. Oggidì questo suolo è coperto d' alberi, di biade, e di prati per la maggior parte della sua estensione, e quando le acque piovane avranno dissalato il terreno, cui le acque del mare hanno da lungo tempo coperto, sarà tutto in istato di produzione perfetta.

524. Le *fig.* 1, 2. e 3. *tav.* 24. rappresentano tre mulini a vento praticati in Olanda per esaurir le acque stagnanti, o per le irrigazioni dei prati.

525. Questi mulini girano ad ogni vento col mezzo della banderuola *a* composta di tavole sottilissime. L' albero *b* di essi mulini è fissato e ben assicurato nel terreno, il rimanente dell' unione è mobile, e gira colla banderuola.

526. Il mulino (fig. 1.) innalza l' acqua mercè della ruota B guernita di palette a guisa di cucchiaie. Queste cucchiaie rappresentate sopra una scala maggiore (fig. 4), in vece di versar l' acqua a modo delle cassette delle ruote comuni, la vibrano nel fossatello circolare che attornia il serbatoio, ciò che accade con molta prestezza.

527. Nei terreni che si vogliono disseccare in forza di questi mulini, si fa una buca rotonda che riceve l' acqua da esaurire, ed il mulino vi è posto in mezzo. L' acqua è sollevata in un tubo egualmente rotondo, d' onde passa nei fossatelli di scolo.

528. La fig. 2. addimostra un mulino che innalza l' acqua per una tromba aspirante, il cui stantuffo è mosso da una manovella a tre curve adattata all' asse della volanda. Questa macchina è meno produttiva, ma è altresì più facile a costruire e a disporre che quella indicata dalla fig. 1.

529. La fig. 3. dimostra una noria mossa dal vento. Essa attigne l' acqua da un bacino circolare, il perno della cui macchina occupa il centro, e versa il fluido nel truogolo anulare *a a*, passando di mezzo al suo asse che è bucato. Così l' acqua elevata dalla noria, è deposta tosto nel tamburo *b* formato di due piatti sostenuti da un certo numero di fusi, *tav.* 2. *fig.* 10. e diviso in quattro celle, ciascheduna delle quali comunica mediante un pertugio con valvola a cenniera nell' interno del tubo, che serve di condotto all' acqua per arrivare nel truogolo. L' asse *p p* gira nei due colari *m* ed *n* disposti in maniera ch' esso non tocchi il perno od albero immobile *x* intorno al quale gira tutta la macchina per essere diretta dalla banderuola secondo il vento. Il truogolo *a a* è sostennto sopra due pali uniti insieme a croce di S. Andrea;

e perchè il truogolo possa scaricarsi senza interrompere il moto delle ale del mulino si è stabilito il tubo *f*, o veramente un sifone che riceve l' acqua per condurla ove aggrada.

530. L' asse *p p* come più caricato dalla parte delle ale che dall' altra, si può ristabilirne l' equilibrio attaccando dei pesi all' estremità della bandieruola.

531. La noria è come vedesi composta di due corde perpetue *l l* che reggono un certo numero di barili *g g g* sospesi ad ugual distanza. Uno di questi barili *g* è dissegnato più in grande nella *fig.* 10. *tav.* 2. Tosto ch' esso ha oltrepassata l' altezza del diametro orizzontale del tamburo AA, s' inchina progressivamente, e versa l' acqua nella cella *a*; la valvola a cerniera *c* apresi, ed allora l' acqua entra nella cavità dell' asse B, ed percorre per isboccar fuori. Ogni cella corrisponde in egual modo colla cavità dell' asse, e le valvole a cerniera dei pertugi di comunicazione si aprono e chiudono mediante il loro peso, talmente che, qualora un barile è pervenuto verso la cima del tamburo o *lanterna* versa l' acqua, la quale trova l' addito aperto per entrare nel tubo; poco dopo il buco ch' era aperto si chiude, e così in seguito.

MACCHINA A VAPORE.

532. Nei casi ove si tratta di esaurire una massa ragguardevole d' acqua, e di alzarla ad una grande altezza per darle dello scolo, le macchine indicate, e tutte le altre analoghe, sono comunemente insufficienti. Bisogna allora ricorrere all' agente il più attivo ed efficace cui il genio abbia potuto appropriarsi quale è il vapore. Per mezzo di questo motore, l' energia del quale non ha, dirò così, limiti, e possiede la preziosa proprietà di agire in tutti i luoghi, e in tutti i tempi, si possono vincere i maggiori ostacoli, ed eseguire i più considerabili disseccamenti. Quello dello stagno di Citis ce n' offre un memorabile esempio.

DISSECCAMENTO DELLO STAGNO DI CITIS.

533. Abbiamo nel tomo 20 del *Giornale delle miniere* una descrizione del disseccamento di questo stagno che presentava infinite difficoltà. Ecco un estratto di così interessante descrizione.

Lo stagno di Citis è situato al sud-ovest del dipartimento delle Bocche del Rodano, ad una piccola distanza di un braccio dal mare chiamato *lo stagno di Berre*. Molti altri stagni si trovano nel vicinato, ma quello di Citis è più basso di molti piedi, e il suo livello è circa piedi 25 al di sotto di quello del mare. Debbesi risguardare questo

stagno come un vasto terreno chiuso da alte montagne, in cui sonosi ridotte le acque piovane, e dove sono costrette a soggiornarvi non avendo alcun sfogo.

534. Vicino allo stagno di Citis evvi quello di Lavalduc, le acque del quale sono salate a 16 gradi: la facilità di far correre queste acque, aprendo un passaggio in una montagna che le divide, e il decremento delle acque di Citis, sopraggiunto dopo molti anni di siccità, hanno prodotto lo stabilimento della salina di Citis. Una società ne fece la spesa, e volle prevenire il nuovo aumento delle acque, e giugnere grado a grado all'intero disseccamento trattenendo sui fianchi delle montagne le acque piovane che sole alimentavano lo stagno. Siffatto esperimento avendo ottenuto un esito compiuto, lo stabilimento s'accrebbe, e diventava importantissimo allorchè rimase sommerso dopo un verno memorabile per le eccessive piogge che non cessarono di cadere per tre mesi consecutivi. Le acque piovane più copiose del solito, non avendo potuto correre agevolmente nel fosso, hanno rovesciato col loro peso i deboli argini che le sostenevano sul pendìo delle montagne, e sono scese nello stagno.

535. Tale avvenimento parve senza rimedio, e si stava per abbandonare la salina, quando il sig. *Augusto di Jessè* si offerse per farne il disseccamento, impiegandovi le macchine a vapore. Ammesso a far conoscere i mezzi da lui ideati, provò la possibilità di far andar le acque nel mare sopra le montagne, sebbene fossero alte 162 piedi al di sopra del fondo dello stagno di Citis, offerendo di eseguire l'impresa a sue spese. Le proposizioni di lui furono accolte.

536. Egli cominciò dal correggere i difetti ch'erano stati commessi nella costruzione del fosso di circuito, alzandone notabilmente il livello, dandogli a tale effetto una inclinazione più ripida verso il suo sfogo, e sostenendolo nelle parti scoscese con argini di muro. Per evitare che la caduta delle acque nel fosso non fosse troppo considerabile, impedì la loro direzione verticale dando ad esse secondo i luoghi diversi declivii.

537. A qualche distanza dallo stagno sul pendìo della montagna si sono eretti gli edifizi di lavoro, e la macchina a vapore; vi è scavato un pozzo, la cui base è inferiore al livello del fondo dello stagno: dietro a questa base comincia una galleria orizzontale lunga piedi 300, che mette nello stagno, la qual galleria conduce le acque di esso stagno nel pozzo, per il che è convenuto costruirla a volta in tutta la sua lunghezza. Sonosi stabilite nel pozzo delle trombe; vicin vicino è la macchina a vapore che coll'aggiunta d'una volanda, d'una verga, e di una manovella curva trasmette il moto alternativo alle trombe. Allato

di queste trombe, e nel pozzo, vi sono tubi verticali aventi comunicazione colle medesime, e riunendosi in forza di una curva all'orifizio del pozzo; in questa unione è adattato un cilindro vuoto di metallo, lungo 420 piedi diretto verso la montagna. Siccome questa montagna è meno alta di quelle che vengono appresso, si è dovuto innalzare tal cilindro sopra pilastri di muro per istabilire un livello comune fra loro. Un tubo di legno lungo piedi 840 sostenuto da treppiedi di legno congiugne la prima montagna con quella che segue. Comincia di poi un canale di piedi 2340, scavato nel masso della profondità media di 9 piedi. Onde unir le cime di tutti questi monti, fu d'uopo gettare molti acquedotti, sui quali passano le acque. Si sarebbe potuto approfondir meno detto canale, innalzando di più il tubo obbliquo di metallo, e quindi il tubo orizzontale di legno, ma questi oggetti avrebbero perduto della loro solidità, e sarebbero stati troppo esposti al vento sollevandoli d'avvantaggio. Se per lo contrario si fosse appoggiato il tubo obbliquo immediatamente sulla montagna per sopprimere il tubo orizzontale, conveniva dare al canale una straordinaria profondità, o scavare una galleria nel masso, la qual cosa avrebbe cagionata una spesa enorme.

338. Così, il sistema adottato dal sig. *di Jessè* è stato di far giuocare le trombe per mezzo della macchina a vapore; queste trombe aspirano l'acqua del pozzo e la comprimono nei tubi verticali, passando di là nel tubo obbliquo in cui s'innalza gradatamente fino alla sommità della prima montagna, d'onde corre nel condotto orizzontale di legno per andare nel canale, e gittarsi finalmente in mare.

La macchina batteva 32 colpi al minuto, ed innalzava 57,500 piedi cubi d'acqua in 24 ore.

CAPITOLO V.

Delle irrigazioni.

439. La parola *irrigazione* significa inaffiamento in grande procacciato col mezzo di convenienti costruzioni, ed eseguito nell'istesso tempo sopra d'una estensione di terreno.

540. Le irrigazioni ben dirette sono una sorgente feconda di prosperità, e di ricchezze. Sembra che gli antichi praticassero l'arte delle irrigazioni con gran profitto, e perfezione. Così l'Egitto, la Grecia, la Sicilia erano debitrici in gran parte della loro fertilità alla maravigliosa distribuzione delle acque. Senza risalire ad epoche così remote, basta considerare in Isvizzera, in Olanda, in Inghilterra, e specialmente in Lombardia il grandissimo vantaggio che reca la pratica delle irrigazioni a questi paesi industriosi.

In Francia. dove quest'arte benefica non è tanto generalmente diffusa, il dipartimento delle Alte Alpi ci offre un esempio assai luminoso dei miglioramenti straordinari che si ottennero dalle irrigazioni. Più di 500 canali spargono la fertilità, e l'abbondanza in tale contrada, e mercè loro delle terre che valevano circa 40 o 50 franchi l'ettaro, (2) sono giunte a 400, e 500.

541. Vi sono molte specie d'irrigazioni che si praticano in varie epoche dell'anno, in certe ore del giorno, variando secondo i climi, i luoghi, la natura del terreno, e l'oggetto della cultura.

542. La prima riguarda il modo di condurre sul suolo a coltura le acque d'un fiume, di uno stagno, o di una corrente qualunque.

543. La seconda chiamata irrigazione per infiltrazione, consiste nel circondare di un canale d'acqua il terreno che si vuole umettare, e tener quest'acqua a livello di esso terreno. Siffatto mezzo non è eseguibile in grande che nei paesi di pianura, il cui suolo sia assai permeabile, come la torba e la sabbia.

544. La terza sta nello scavo di pozzi detti artesiani, l'acqua dei quali ha la proprietà d'innalzarsi al disopra del suolo, e di correre sul terreno d'intorno. (3)

La quarta è d'innalzar l'acqua a forza di macchine.

IRRIGAZIONE COL MEZZO DI CANALI.

545. I lavori relativi a questa sorta d'irrigazione, sono 1. la presa d'acqua, 2. il canale principale di derivazione, 3. un certo numero di *chiuse*, o cateratte, 4. i canaletti principali, 5. i canaletti secondari, 6. i fossi scolatoi 7. le cateratte, i fossi di sfogo, gli argini, e generalmente i lavori, il cui scopo è di preservare dai danni i terreni limitrofi.

PRESA D'ACQUA.

546. Quando il corso dell'acqua, di cui si vuol disporre non è che un debole ruscello, la presa d'acqua si effettua con una semplice chiusa di fascine, o tura temporanea, che si toglie allorchè l'irrigazione è terminata.

---

(2) L'ettaro è la stessa cosa che la tornatura italiana, cioè una superficie di dieci mila metri quadrati. (not. del trad.)

(3) Si trovano pozzi di questa specie in Italia, ed in particolare nello Stato di Modena. (not. del trad.)

547. Se la quantità dell'acqua da derivare è più considerabile, fa d'uopo allora ricorrere a chiuse più stabili di muro o di legname.

548. Se la corrente dell'acqua ha un pendìo ripidissimo è spesse fiate più vantaggioso eseguire la presa d'acqua col mezzo d'una ruota a cassette che colle chiuse, le quali potrebbero produrre delle innondazioni, e dei guasti durante le eccessive piogge, e lo scioglimento delle nevi. La ruota a cassette mossa dalla corrente stessa innalza la porzione del fluido destinato alle irrigazioni, e lo depone in un serbatoio collocato ad una tale altezza che possa scorrere su tutta l'estensione del terreno da innaffiare.

549. Le chiuse debbono essere molto solide per resistere all'urto ed alla pressione delle più alte acque. Queste chiuse formano una spezie di stagno o serbatoio che deve essere costruito in guisa che le acque, cui esso riceverà non possono allagare i terreni d'intorno; perciò conviene che il punto più elevato della chiusa sia alquanto più basso del livello delle sponde della corrente dell'acqua.

550. Si rinforza il serbatoio con uno spalto o con de' barbacani che lo appuntellino per tutta la sua lunghezza. Questo spalto deve essere molto inclinato, e se è possibile selciato come la sponda superiore del serbatoio, di sassi piani, di coda lunga, collocati ritti, e ben agguagliati a seconda dell'inclinazione dello spalto medesimo. In mancanza di sassi di tale qualità, si può effettuare detto rivestimento con un'armatura di legname costrutta a modo di graticola a spazi larghi, le cui estremità formerebbero il coronamento, o sia vertice del serbatoio.

CANALE DI DERIVAZIONE.

551. Questa sorta di canale è destinato a ricevere le acque divertite, o provenienti da un corso d'acqua mediante l'erezione di un serbatoio, od innalzate in virtù d'una macchina idraulica, e condurle sulle parti più elevate di un terreno per ispanderle poscia su tutti i punti della sua superficie.

552. Lo scavo di questo canale deve esser praticato sui luoghi più alti del terreno da innondare, e fa d'uopo che abbia per quanto è possibile un pendìo uniforme e regolare, che non sia nè troppo ripido nè troppo dolce. Le dimensioni di esso debbono essere proporzionate al volume delle acque che dee ricevere. Le sponde saranno formate a scarpa tanto meno inclinate, quanto meno il terreno sarà consistente. (Vedi le particolarità che abbiamo esposte nel *Trattato sulla composizione delle macchine*, cap. II, lib. I, intorno alla costruzione dei canali di derivazione).

CATERATTE D'IRRIGAZIONE.

553. Sono chiuse temporanee collocate in vari luoghi sul canale di derivazione per trattenere le sue acque, e costringerle a spargersi per via di aperture fatte nella sponda, quando il terreno ha poco declivio.

554. La costruzione di queste cateratte consiste 1. in due imbasamenti estremi di muro, lunghi due o tre piedi, stabiliti sopra un fondamento comune col piano della cateratta, il qual piano di mattoni a calce e cemento è livellato col fondo del canale. Quando la larghezza di esso canale fra i pilastri, o imbasamenti della cateratta eccede due, o due piedi e mezzo, dividesi questa larghezza in molte parti uguali separate fra loro col mezzo di travicelli o pilastretti di legno o di pietra dura, in cui rimangono incavate le scannellature che ricevono le pale, le quali altro non sono che pezzi di tavole di quercia congiunte insieme, ed inchiodate ad un manico del medesimo legno di una lunghezza sufficiente per comodo di manovrarle.

555. 2. Un cappello o trave di cinque o sei pollici circa di grossezza è posto a traverso del canale sopra il livello superiore dei pilastri, nei quali è fermato, e che corona, e congiugne insieme. Questo trave è forato da tanti incavi a giorno quante pale vi sono. In essi incavi s'introducono i manichi delle pale che deggiono sempre essere tanto lunghi da oltrepassarne la faccia superiore di uno o due piedi quando le pale sono abbassate. Si mantengono alle diverse altezze necessarie al giuoco delle acque col mezzo di cavicchie di ferro che servono nel medesimo tempo di chiavi, attraversando il trave, ed il manico delle pale.

556. L'altezza dei pilastri è dipendente dal giuoco delle pale; conviene che il cappello delle cateratte sia sufficientemente elevato perchè le pale essendo del tutto alzate, non possano ammollarsi nell'acqua.

CANALETTI PRINCIPALI D'IRRIGAZIONE.

557. Questi canaletti ricevono le acque del canale di derivazione trattenute ed innalzate sopra il loro naturale livello da ogni cateratta d'irrigazione sui punti più elevati del terreno che gli corrisponde. Essi hanno per oggetto di guarantir sempre il terreno da inaffiare dalla sovrabbondanza delle acque del canale, e di procurarsi la facilità di regolare il volume delle acque d'irrigazione secondo la stagione, e le altre circostanze.

558. I canaletti principali sono comunemente chiusi nel loro punto d'unione col canale di derivazione, da glebe, per tutto il tempo che

il terreno non ha bisogno d'essere innaffiato, o veramente, il che fia meglio, col mezzo di piccoli sostegni. Questi canaletti debbono diminuire di larghezza a misura che si allontanano dalla loro origine.

CANALETTI SECONDARI.

559. Servono per distribuire le acque del canaletto principale su tutti i punti della sua divisione in forza di fossatelli formati a tale effetto.

560. Quando il volume dell'acqua è grande, ed il terreno ha un pendìo sufficiente, i fossatelli sono inutili.

561. Questi canaletti diramano dal canaletto principale; la distanza dell'uno all'altro è ordinariamente di trenta o quaranta piedi nelle terre leggiere, e quaranta o sessanta nelle altre di natura diversa; la loro lunghezza non deve essere considerabile, e tanto minore quanto più il declivio del terreno sarà dolce. A modo dei canaletti principali, debbono diminuire di capacità secondo che si allontanano dalla loro presa d'acqua.

FOSSI SCOLATOI.

562. Lo scopo di cotesti fossi è di ricevere le acque d'irrigazione che fossero adunate nel basso fondo di una praterìa, o nella sinuosità d'un terreno, e che senza tal precauzione vi rimarrebbero stagnanti. È necessario scavarli nella linea del maggior declivio del terreno, e se questo fosse troppo inclinato, dovrebbe moderarsi allargandone la sezione.

CATERATTE E FOSSI DI SFOGO.

563. Se il corso dell'acqua impiegato è soggetto ad aumenti straordinari, sarebbe esposto a straripamenti che guastare potrebbero gli argini.

564. Per prevenire cotesti inconvenienti, si formano sul corso del canale di derivazione ad eguali distanze dei sostegni o chiuse di sfogo, corredate d'imposte come le cateratte d'irrigazione. Si alzano tutte le paratoie nel tempo delle innondazioni, o quando si ha bisogno di prosciugare il canale. Nelle medie acque, questi sostegni servono altresì a mantener quelli del canale al desiderato livello: l'altezza delle paratoie è fissata in maniera da ottener questo fine, e l'acqua soverchia di detto canale passando sopra le paratoie, cade nel fosso di sfogo, scavato al di sotto per riceverla, d'onde se ne va nel letto naturale del corso dell'acqua.

565. Le dimensioni dei sostegni di sfogo sono comunemente un poco più grandi che quelle delle cataratte d'irrigazione abbenchè costrutte entrambe dietro lo stesso sistema.

IRRIGAZIONI PER INFILTRAZIONE.

566. I lavori di questa sorta d'irrigazione consistono

1. In un fosso o canale di derivazione superiore; 2. in un fosso scolatoio inferiore: 3. in un numero di piccoli fossi principali, o secondari d'irrigazione moltiplicati quanto fa d'uopo per l'inaffiamento compiuto del terreno. Ogni fosso principale ha la sua presa d'acqua particolare sul canale di derivazione provveduta di un piccolo sostegno con paratoia per l'introduzione o rifiuto dell'acqua. Quel fosso medesimo serve poscia per far isgorgar l'acqua a piacimento nel fosso scolatoio in virtù di un altro piccolo sostegno o cateratta consimile. In alcuni luoghi si osserva che i canali, ed i canaletti sono coperti, onde evitare la perdita d'acqua prodotta dall'evaporazione, ed anche per porre a profitto il terreno sovente ragguardevole ch'essi occupano.

IRRIGAZIONE COL MEZZO DI POZZI ARTESIANI.

567. Noi aggiugneremo a ciò che abbiamo detto al libro II, cap. I parag. 325 e seguito sulla formazione dei pozzi artesiani, l'estratto di una notizia inserita dal sig. Cadet di Vaux nel primo volume *Memorie della Società d'agricoltura del dipartimento della Senna*. Questa notizia ha per oggetto di far conoscere il metodo praticato da gran tempo nell'Artois per forare siffatti pozzi.

568 Si perfora con una trivella di circa tre pollici di diametro ed un piede di sgorbia il suolo sul quale si desidera formare uno di questi pozzi. Si colloca verticalmente nel suolo perforato un cilindro di legno, vuoto, la cui apertura ha lo stesso diametro della sgorbia, ed è guernito nella parte inferiore di un ferro sporgente in fuori, e tagliente per approfondirlo meglio, facendolo entrare col maglio, di che si comincia da capo il foro.

569. Quando il nuovo buco è ben vuotato, s'interna il primo cilindro sino al fondo col mezzo di un altro cilindro aggiustato sul primo in un incastro eseguito perciò nella parte superiore, ed assicurato con un cerchio di ferro.

570. Rinovando tal lavoro colla trivella, si giugne a forare gli strati di tufo, di macigno, ed altri, se s'incontrino; ed a misura ch'esso strumento si empie, ritirasi per vuotarlo.

571. Col tempo, e coll'aggiunta successiva di nuovi cilindri, si perviene a molta profondità, ottenendosi infine ordinariamente l'acqua. Allorchè è stato male scelto il posto, accade alcune volte che si lavora indarno, ma il caso è molto raro.

572. Se il serbatoio dell'acqua ottenuta è superiore a quello della superficie del suolo, l'acqua zampilla fuori, e ne nasce una fontana, ma se il serbatoio è al disotto di questo livello, viene un pozzo poco profondo, che non esige l'apparecchio dei pozzi profondi ordinari per innalzarne il fluido.

573. Nel primo caso, si forma intorno al tubo un bacino, d'onde si dirige poscia l'acqua soprabbondante a piacimento; nel secondo, si scava un pozzo comune intorno al cilindro che ne occupa il centro; si affonda sei piedi sotto del livello a cui l'acqua si è alzata in esso cilindro, si rincalza quindi alla distanza di un piede dal fondo, la base del muro di circuito di detto pozzo con sassi bene connessi, ed allora si ottiene un pozzo eccellente che non si dissecca mai.

MACCHINA DESTINATA AD INNALZAR L' ACQUA PER LE IRRIGAZIONI.

INNAFFIAMENTO DEI GIARDINI.

574. I giardini di qualche estensione esigono un pozzo, e dei serbatoi per effettuare gl'innaffiamenti, i quali operati a mano, sono più volte insufficienti e sempre lenti ad eseguirsi. Il pozzo ed i serbatoi deggiono essere collocati nella parte più elevata del terreno, affinchè siano in grado di somministrar l'acqua opportuna per alimentare i canali destinati a portarla, ed a distribuirla da tutte le parti.

INNAFFIAMENTO PRATICATO NEL LEVANTE.

575. La tav. 25. addimostra il metodo usato a Costantinopoli per innaffiare i giardini di quella città *(a)*. Due pozzi *a*, *b* porgono l'acqua ai serbatoi *c*, *d* che sono costrutti di tavole unite ai loro angoli col mezzo di travi e di grosse traverse. Questi serbatoi sono isolati da terra da quattro in otto piedi, essendo più o meno elevati, onde l'umidità del suolo non danneggi il legno, e per poterli più agevolmente risarcire.

(a) Castellan, *Viaggio nella Morea ec.*

Sono calafattati con della stoppa incatramata, come lo è pure la superficie del legno.

576. La macchina che solleva l'acqua è composta di un verricello x, che fa salire e scendere altenativamente due secchi di cuoio y, z, o dirò meglio due *otri conici* aperti alle due estremità, trattenuto da cerchi di ferro con manichi, ai quali sono attaccate delle corde.

577. Si stabilisce sulla bocca del pozzo una specie di cavalletto $m\,m$, formato con tre o quattro pertiche congiunte in cima, ed aventi le loro estremità aperte, piantate in terra sugli orli di detto pozzo.

578. Alla sommità del triangolo che forma l'unione delle suddette pertiche, si fissa una carrucola; due rulli sono posti sul serbatoio, i quali girano sopra perni. La corda che è appiccata alla grande apertura dell'otre di cuoio, passa sulla carrucola, e termina nel verricello ove si unisce coll' estremità che è attaccata alla piccola apertura, e che passa sui rulli 1, 2.

579. Allorchè l'otre di cuoio è in fondo al pozzo, empiesi d' acqua e nel risalire, le due estremità aperte sono a livello; in questa posizione, che l' otre conserva nel suo tragitto, l' acqua non può scappare; ma quando arriva all' orlo del serbatoio, la piccola estremità passa sopra il rullo, l' altra sale sino alla carrucola, l' otre si svolge, e l' acqua n' esce e passa nel serbatoio.

580. Alcuna volta s' impiega un cavallo per attigner l' acqua mediante l' otre descritto. Il metodo adottato per ciò è semplicissimo. Le corde dopo essere passate sulla carrucola e sul rullo, sono attaccate al bilancino del cavallo, il quale percorrendo un certo spazio in linea retta fa salir l' otre pieno d' acqua: poscia retrocede, e l' otre scende allora nel pozzo ove empiesi nuovamente; il cavallo ricomincia il suo corso, e così di seguito.

581. L' otre è fatto con un cuoio di vacca concio, ma senza apparecchio, ed è cucito come i tubi d' una tromba; il cerchio di ferro che circonda la grande apertura ha diciotto pollici di diametro, diciotto linee di grossezza, con manichi incrocicchiati a croce di S. Andrea, in cima dei quali è attaccata la corda.

582. Un canale $r\,r$ parte da ogni serbatoio a, b, si divide poscia in canaletti diretti lungo i margini dei principali viali l, l, i quali canaletti sono tagliati ad angolo retto da rigagnoli che conducono l' acqua fra i quadrati ove sono gli erbaggi.

583. Lavorando questi quadrati od aiuole, si getta un poco di terra sui loro orli, onde formare una specie di rialto di alcuni pollici di altezza bastantemente stabile da impedire all' acqua che corre nel rigagnolo, di non penetrare nel recinto del quadrato il cui livello è più basso.

Tosto che i serbatoi, i canali, e i canaletti sono pieni d' acqua, il giardiniere con un colpo di vanga fa un' apertura a quest' argine, ovvero alza una piccola asse che forma una spezie di cateratta, e l' acqua passa allora dal canale nell' aiuola, e si diffonde su tutta la sua superficie. Quando egli crede che il primo quadrato sia abbastanza innaffiato, chiude la cateratta, e passa al secondo, al terzo ec. ; talmente che con tal mezzo può in brevissimo tempo irrigare tutto il giardino, dandogli più o meno acqua secondo la diversità delle piante, ed il bisogno che hanno di maggiore o minore umidità. S' innaffiano nel medesimo modo gli alberi fruttiferi, facendo correre le acque da un albero all' altro (*a*).

MANEGGIO DEGLI ORTOLANI PRATICATO A PARIGI (*fig.* 1. *tav.* 17.)

584. Questa macchina è di una costruzione facile, economica e molto semplice; il suo oggetto è di porre in moto due secchi, l' uno de' quali scende vuoto, mentre l' altro sale pieno. La suddetta è composta; 1. del tamburo *a* di quattro piedi di diametro, il quale si può formare con due vecchie ruote da carrozza con di sopra inchiodate alcune tavole. Una stanga obbliqua *a* parte da questo tamburo, e regge il bilancino *c*, sul quale un cavallo esercita il suo lavoro. 2. Di due pulegge *m m* che servono a dirigere le corde a cui sono appesi i secchi. 3. D' un' armadura *r r* che serve di sostegno a tutta la macchina, e che è composta del legno orizzontale *p p* e di tre pali verticali *q q q*, sostenuti da gambi di ferro.

Un uomo collocato vicino al serbatoio ferma il cavallo quando il secchio è salito, lo vuota, e fa girare il suddetto cavallo dalla parte opposta.

MANEGGIO AD INGRANATURA (*fig.*8. *tav.* 17.)

585. Questo maneggio che produce lo stesso effetto del precedente, serve nel caso in cui il pozzo d' onde si vuol attiguer l' acqua, abbia una gran profondità.

586. Si scorge che l' albero verticale *a* sostiene nel medesimo tempo la leva *b* sulla quale agisce il cavallo, e la ruota dentata *c* che comunica il moto al rocchetto *d*, e corrisponde coi tamburi *m n*. Due catene s' avvolgono fra loro in moto opposto su questi tamburi, talmente che l' uno dei due secchi sale carico, mentre l' altro scende vuoto.

(*a*) Lo stesso metodo d' irrigazione s' usa nei dipartimenti meridionali della Francia.

Quando i secchi sono giunti all' altezza del serbatoio, ove l'acqua dee vuotarsi, incontrano degli uncinetti (368) che li fanno inchinare, e gli obbligano a versar l'acqua.

VITE D' ARCHIMEDE (*tav.* 3. *fig.* 6.)

587. Noi abbiamo già descritte ai numeri (27. e seg.) le due spezie di viti d' *Archimede* conosciute, la comune è l' Olandese. Queste viti hanno il difetto di non poter innalzar l' acqua che ad un' altezza assai mediocre, cioè ad otto o dieci piedi al più d' elevazione perpendicolare. La prima di queste due viti più frequentemente impiegata, ha un altro difetto che è tutto suo, ed il quale in gran parte non ritrovasi nella vite Olandese. Questo difetto consiste nel trattenere entro di se una troppo gran massa d' acqua in proporzione di quella che scaccia. È cosa evidente che questo gran peso nuoce alla forza motrice, perchè esige un maggiore sforzo per essere posto in moto, e perchè aumenta l' attrito dei cardini. Questo stesso peso fa spesse volte piegare la vite.

588. L' esperienza ha provato per altra parte, che a parità di circostanze, le ruote a timpano ed a lumache, che descriveremo in breve, sono nell' istesso tempo più atte a produrre, e più facili a stabilirsi, e meritano quindi la preferenza nei lavori d' irrigazione.

589. Le viti d' *Archimede* sono comunemente mosse dagli uomini, e dai cavalli. Il sig. *Pattu* ha proposto di porle in moto col mezzo dell' acqua stessa. Egli si serve a tal effetto di due viti (*tav.* 27. *fig.* 10.) la più bassa *a*, la quale è anche la più grossa, riceve l' impulso del fluido motore. L' altra *b* più lunga, d' un diametro minore, ma concentrico colla prima, innalza una certa quantità d' acqua nel serbatoio *c*. Le spirali nelle dette due viti sono poste fra loro in senso contrario.

590. Furono eseguiti degli esperimenti in faccia di una commissione nominata dalla società agraria di Caen. La macchina aveva le seguenti dimensioni: la piccola vite metri 4 di lunghezza, e met. 0,256 di diametro; la grossa vite met. 0,50 di lunghezza e 0,776 di diametro; era inclinata sotto un angolo di 35 gradi, e posta in moto da una caduta d' acqua di mezzo metro al più nell' interno della gran vite. I risultamenti ottenuti sono:

1. La macchina erasi piegata da ventisei millimetri, rimanendo gran tempo senza moto, ed allo scoperto.

2. Provava una flessione sensibile, in grazia della debolezza del suo asse.

3. Con tutti questi difetti compiva però venti giri circa al minuto.

4. L' acqua era sollevata dalla piccola vite all' altezza di met. 1,70 al di sopra della corrente al suo ingresso nella grossa vite.

5. Il rapporto fra l' effetto utile e la forza motrice era di quattro decimi circa.

591. Il sig. *Pattu* proponeva d' impiegar la sua vite, come è indicato dalla fig. 8, a tre usi: 1. per innalzar l' acqua d' una corrente ad una maggiore altezza; 2. à prosciugare dell' escavazioni destinate per fondamenti; in questo caso la grossa vite deve esser posta in alto. 3. a disseccare una palude col mezzo d' una corrente, che agirebbe nella piccola vite, allora la grossa vite sarebbe collocata al piede, e vi salirebbe l' acqua che si volesse far uscire.

592. Il sig. *Le Normand* ha benissimo dimostrato (*a*) che la costruzione stabilita dal Sig. *Pattu* in questo terzo caso non può aver luogo, perchè ostacoli insuperabili vi si oppongono, e che per ottenere l' effetto proposto, bisogna disporre la vite nel modo accennato dalla *fig.* 11. *tav. sudd*, cioè che la vite motrice *a* sia la più grossa, e rimanga situata al di sopra della vite *b* destinata ad innalzar l' acqua; bisogna altresì che v' abbia fra loro un certo spazio, onde permettere alle acque saglienti e motrici di scaricarsi nello stesso serbatoio, ed affinchè queste ultime non ricadano nella palude, dove aumenterebbero a puro danno la massa dell' acqua da estrarre.

RUOTE A CORNETTI OD A LUMACHE.
(*tav.* 3. *fig.* 3.)

593. Questa macchina semplicissima produce un grandissimo effetto, e sembra preferibile a tutte le macchine conosciute per le irrigazioni, quando l' altezza a cui fa d' uopo innalzar l' acqua della corrente non eccede la metà del diametro che è possibile di dare alla ruota.

594. La ruota a lumache più atta a produrre d' una vite d' Archimede, è da anteporsi ad essa per la sua solidità, per la facilità di stabilirla, e di adattarvi un motore. Ella non è sottoposta ad ingorgarsi, e non esige che rare volte piccoli ristauri.

595. Una ruota a lumache è composta, 1. di una ruota d' un diametro proporzionato all' altezza, alla quale si vuol innalzar l' acqua, avuto riguardo alla forza della corrente, ed all' effetto che si desidera; 2. di spire o cornetti di latta, o di ferro battuto aventi l' incurvatura d' un evoluta di cerchio (*b*).

In alcune ruote a lumache i cornetti sono chiusi con tubi fissati da

(*a*) Annali delle arti e manifatture, Tom. III, serie seconda.
(*b*) Chiamasi evoluta d' un cerchio la curva spirale prodotta dallo sviluppo di un filo di cui si suporrebbe formato questo cerchio.

un canto nella circonferenza della ruota, e dall'altro nel mozzo od asse di questa stessa ruota. In alcune altre, essi procedono unicamente da tramezzi, i quali hanno l'incurvatura d'una evoluta di cerchio, e dividono il corpo della ruota in molte celle.

Tale è la disposizione dimostrata dalla fig. 3.

596. Una tinozza è posta al disotto dell'asse per ricevere l'acqua cui i cornetti vuotano dalla loro estremità ricurva.

597. Noi abbiamo detto che i cornetti di questa ruota, la quale dicesi originaria della China, e che si è assai diffusa in Persia, debbono avere l'incurvatura di un evoluta di cerchio.

Una delle proprietà di questa curva è, che tutti i suoi raggi sono tante tangenti al circolo, e tante perpendicolari alla curva stessa.

Ne ridonda, che se diamo cotesta figura ai cornetti, l'acqua salirà seguendo una direzione verticale tangente al verricello, e perpendicolare al canale che forma ogni cornetto, e ciò qualunque siasi la posizione della ruota; così l'azione del peso dell'acqua corrisponde sempre coll'estremità d'un raggio orizzontale che ne sarà il braccio della leva costante, la potenza che innalzerà questo peso col mezzo della ruota sarà sempre la medesima. Se il raggio di questa ruota è uguale all'altezza, a cui si vuole innalzar l'acqua, e se questa altezza è uguale alla circonferenza del verricello, (proporzione adottata continuamente), la potenza sarà al peso reciprocamente come il raggio del verricello sta alla sua circonferenza, cioè quasi come 1 a 6.

598. La *fig.* 1. *tav.* 27. rappresenta una ruota a lumache proposta dal sig. *De la Faye*. Questa macchina corredata di pale, e destinata ad esser mossa da una corrente d'acqua, porta quattro cornetti, o chiocciole *a b c d*. L'acqua entra per l'apertura *x* di ogni chiocciola o spira, della quale segue lo sviluppo per andare a scaricarsi nella corsia mediante l'asse concavo.

599. Mercè di questa costruzione, il peso da innalzare, produce sempre uniformemente la stessa resistenza, che è la più piccola che dar si possa.

600. Questa macchina è preferibile alla vite inclinata di Archimede, la quale non isgorga se non se una piccola parte dell'acqua che contiene, e rimane caricata del di più, la cui quantità è ragguardevole, al contrario questa ruota vuota tutta la sua acqua ad ogni giro, e può versarne una gran quantità.

601. Il timpano degli antichi descritto da *Vitruvio* era una spezie di ruota a spire, formante un tamburo vuoto, l'interno del quale era diviso in otto spazi eguali da tanti tramezzi posti sulla direzione di questi raggi.

Ogni spazio o cella aveva un'apertura di un mezzo piede di superficie, praticata nella circonferenza del tamburo per agevolare l'ingresso dell'acqua; inoltre la sala od albero che attraversava, e sosteneva il tamburo era concava e conteneva otto tubi, ciascuno de' quali doveva corrispondere in una cella, affinchè l'acqua esistente nella ruota potesse correre all'estremità dell'albero per isgorgare in una corsìa.

602. Questa ruota era accompagnata da un'altra ruota a tamburo addossata sopra di essa, nella quale degli uomini agivano in forza del loro peso camminando.

603. La ruota a spire od a lumache sarebbe la più perfetta delle macchine idrauliche applicabili alle irrigazioni, se non avesse l'inconveniente di non poter innalzar l'acqua che all'altezza del suo asse. Ecco perchè siamo costretti talvolta a sostituirle la ruota a cassette, la quale può far arrivar l'acqua sino al suo vertice, cioè ad un'altezza un po' minore del suo diametro.

RUOTE A CASSETTE (*tav. 4. fig. 1, 2, 3 ec.*)

604. Abbiamo già addimostrato (al num. 21 e seg.) quale è la forma generale di queste sorta di ruote.

Si osserva generalmente nelle ruote a cassette il difetto grave di spandere una parte dell'acqua che innalzano. Tale difetto è soprattutto notabile nelle ruote, figure 3 e 4, ove le cassette fissate nella ruota si empiono per un buco che hanno nell'angolo di una delle loro facce, e d'onde il fluido esce per cadere nella corsìa allorchè sono giunte alla sommità. Queste spezie di ruote versano utilmente tutt'al più i due terzi dell'acqua attinta, perchè quando le cassette salendo hanno oltrepassata l'altezza del centro della ruota, cominciano e versar l'acqua inchinandosi grado a grado.

605. Sono stati proposti vari mezzi per rimediare a questo difetto. Noi ne abbiamo descritto uno (alli num. 22 e 23), il quale è rappresentato dalle figure 1 e 2, e sarebbe buonissimo se non fosse troppo complicato, e quindi di una esecuzione difficile, e di un mantenimento costoso.

606. Si preferisce di sospendere liberamente i secchi fig. 6, e 7 a cavicchie di ferro passando di mezzo a un doppio ordine di gavoli, all'uno dei quali sono attaccate le pale che ricevono l'urto della corrente dell'acqua. Il peso dei secchi le costringe a conservare la loro verticalità salendo fino al colmo della ruota, dove incontrano la parete anteriore del serbatoio che gli obbliga ad inchinarsi, a vuotar l'acqua, e ad attraversare il serbatoio, nel quale essi incontrano un rullo che agevola la

loro uscita. Con questa disposizione, i secchi conservano tutta l'acqua che hanno attinta.

NORIA.

607. Gli Spagnuoli hanno avuta dai Mori questa macchina vantaggiosissima, che viene impiegata felicemente nei dipartimenti meridionali della Francia.

608. Ella è semplice quanto produttiva. Il *Rozier* asserisce nel suo *corso di agricoltura* (tom. 8. pag. 402.), che l'esperienza gli ha dimostrato, che una noria mossa da una mula, che lavora per due ore continue e si riposa altrettanto, innalza in un giorno da dieci piedi di profondità, una massa d'acqua bastevole per empiere un bacino di 36 piedi di lunghezza, 12 di larghezza sopra 6 di profondità.

609. Lo stesso autore riferisce un espediente semplicissimo mercè del quale si avvezzano le mule, od i cavalli destinati a girar la ruota, a non fermarsi mai durante le due ore in cui dee proseguire il loro lavoro; altrimenti sarebbe stato d'uopo che vi fosse presso alle mule uno colla frusta in mano sempre intento a fargli andare.

610. Si appende alla stanga ove l'animale è attaccato un campanello che suona mentre esso cammina, e dal rumore che fa, accorgesi se lavora; ma conviene assuefarlo a tal lavorio, ed insegnargli che quando il campanello cessa di suonare, allora sta per ricevere delle frustate. Cominciasi dal chiudergli gli occhi con paraocchi, onde non si sbalordisca girando all'intorno. Questi paraocchi sono di cuoio, ciascuno de' quali somiglia ad uno scudo assai concavo, o ad una sezione d'emisfero tagliato per metà. Bisogna che nella sua capacità l'animale abbia il moto libero dell'occhio. Questi paraocchi sono retti da due coreggie, l'una passando dietro le sue orecchie, e l'altra sotto le due branche della parte superiore degli ossi della mascella, ove si attacca col mezzo di una fibbia.

611. Quattro uomini si collocano a distanze eguali all'estremità della circonferenza descritta dall'animale girando. Tosto che esso animale è posto in moto dalla voce d'uno dei conduttori che trovasi più vicino, gli dà una gran frustata senza fare il menomo strepito durante le due ore del lavoro. Due ore dopo, epoca, in cui si torna a porre l'animala in azione, gli stessi uomini ripigliano i loro posti, serbano il medesimo silenzio, e la frustata opera all'uopo. Si prosegue così per tutta la giornata, ed è cosa rara che sia costretto a fare altrettanto il giorno appresso. Per altro, se la lezione data il primo giorno non è sufficente, si rinnova finchè l'animale non si ferma che per essere staccato.

612. Un'attenzione particolare d'aversi, ella è d'asciugare con un

pannolino gli occhi del cavallo, quando gli si levano i paraocchi, e di non lasciarlo esposto ad una corrente d'aria. Questi paraocchi trattengono incontro alla palla dell'occhio, e d'ogni intorno delle palpebre, la materia della traspirazione, e del sudore; ed è raro anche nel verno che queste parti non sieno umide o bagnate, essendo da quell' istante atte a raffredarsi quasi subitamente, poichè l'umidità prova una grande esalazione, ed ogni esalazione cagiona del freddo, d'onde nasce il riflusso degli umori nel sangue, le flussioni, e qualche volta ancora la cecità.

613. Una noria ben costrutta è la miglior macchina di cui si possa far uso per innalzare ad una ragguardevole altezza l'acqua destinata alle irrigazioni, cioè quando si tratta d'innalzar quest'acqua ad un'altezza che non permette d'impiegare le ruote a lumache od a vasi.

614. Una noria, per ben corrispondere al suo destino, deve avere le seguenti proprietà. 1. Essere leggiera, e solida nel medesimo tempo. 2. Talmente semplice che l'operaio il più rozzo possa eseguirla con facilità, ed un contadino mediocremente intelligente sia in grado di ristaurarla da se solo; 3. Che senza inconveniente innalzi l'acqua la più torbida; che sia composta di materiali i più comuni, e di minore spesa; 4. Che non lasci uscir l'acqua e levata durante il tragitto dal serbatoio alla tinozza ove sgorga; e tosto che il fluido sarà pervenuto a tale altezza, fa d'uopo che si scarichi immediatamente del tutto, e senza perdita.

615. La noria che proponiamo, e che è rappresentata dalle figure 5 e 6 (tav. 19) ci sembra dotata di tutte le enunciate proprietà; cioè più semplice, meno costosa, e più stabile di tutte le altre a noi note.

616. Tutte le norie sono generalmente composte di un certo numero di vasi appesi a catene o corde perpetue che s'avvolgono sopra due verricelli giranti, posti in moto da un motore qualunque.

Le corde sono di poca durata; le catene sono pesanti, costano, e pongono la macchina in pericolo, qualora un pezzo di legno, o qualsiasi corpo estraneo s'introduca fra gli anelli della catena. Nella noria proposta, siamo giunti a sopprimere in una volta, le corde e le catene sostituendo loro delle tavole unite insieme col mezzo di strisce di cuoio. Queste stesse tavole fanno parte dei secchi formati coll'unione di quattro altre piccole tavole inchiodate sopra ciascuna di quelle in discorso. Perciò, la nostra noria non è altro che una serie di cassette, l'una delle cui pareti più alta delle altre rimpiazza gli anelli della catena delle norie comuni; queste pareti posteriori più elevate sono congiunte come abbiamo detto da strisce di cuoio trattenute in forza di due uncini fermati con chiodi, o ciò che torna meglio, da cavicchie a vite, aventi esse pareti un pertugio al di sopra della cassetta per ove il fluido dee sboccare.

617. Il tamburo inferiore è parimente formato di una cassa di tavole, che non ha altri ferramenti se non se i perni sui quali gira.

Il tamburo superiore è costrutto in altra maniera; due tavole parallele sono unite insieme mediante quattro fusetti o cavicchie di ferro. La corsìa che dee ricever l' acqua versata dalle cassette, entra immediatamente sotto il tamburo, e si colloca fra i due bracci della noria. E perchè non possa alterare in questa situazione il libero moto della macchina, si ripiega ad angolo retto come scorgesi in *p* nella figura 5.

618. Le *fig.* 5. e 6. *tav.* 19. dimostrano questa noria, la quale conforme si vede è tutta composta di tavole. — *a a a* secchi, o cassette che si empiono d' acqua successivamente passando nel recipiente *b b*. — *d* verricello inferiore che non ha alcuna apertura. — *f* verricello superiore, dove si osservano i fusi *m n o*. — *p q* corsìa ripiegata in *q* per non impedire il moto della macchina.

619. Tutta la macchina deve essere incatramata. Egli è evidente, ch' essa non può in verun modo ingorgarsi, qualunque sia il grado dell' impurità dell' acqua che innalzerà. Le strisce di cuoio, sostituite alle ordinarie cerniere, ed alle articolazioni delle catene, offrono il prezioso vantaggio di non perdere la loro flessibilità, siccome accade assai di frequente a queste ultime, tutte le volte che il limo dell' acqua o qualche piccolo corpo estraneo vi s' insinuano.

Niuna macchina è più facile a costruire ed a restaurare, nè offre meno accidenti di degradazione, nè meno cause che possano impedire o diminuire l' utile suo effetto, per cui ci sembra più adattata allo scopo che ci siamo prefissi.

Ora parleremo brevemente delle altre norie in uso, cominciando da quella che i Mori hanno recato dalla Spagna la quale è più antica.

NORIA DI SPAGNA (*tav.* 17. *fig.* 7.)

620. Questa noria è composta d' una serie di barili, o di vasi sospesi sopra due corde infinitamente lunghe; queste corde sono sostenute da una ruota corredata di cavicchie, le quali traversano il quarto della ruota per tutta la sua grossezza, onde formare sulla parte opposta una specie d' ingranamento, che combinasi coi denti della ruota *a a*; l' asse di quest' ultima ruota ha un braccio obbliquo *b*, all' estremità del quale è appiccato il bilancino che servir debbe per attaccare il cavallo motore.

La *fig.* 5. *tav.* 2. rappresenta una noria analoga alla da noi descritta, ma disegnata sopra una scala maggiore. La ruota a cavicchie *a a* è disposta in modo tale che senza impedire il moto della ruota, l' estremità della corsìa *b* può entrare in mezzo delle cavicchie, onde ricevere

direttamente l' acqua, che versano i barili, allorquando sono pervenuti alla sommità *x*.

621. La *fig.* 5. *tav.* 1. mostra la disposizione del tamburo o delle cassette di una noria, formata da due ordini paralleli di gambi di ferro *a a* riuniti mediante cerniere. La noria mostrata dalla fig. 6 è costrutta sullo stesso sistema, ma con maggior semplicità.

622. Finalmente si vedono (fig. 7.) delle cassette composte di un sacco di tela incatramato *a* fermate ad un anello di ferro *d* il quale è sostenuto da due gambi di ferro, o anelli di catena *b b*; i quali anelli poi sono fra loro uniti mediante le chiavarde *c c*.

623. Le norie sono ordinariamente mosse da cavalli, ma possono essere egualmente mosse dal vento, come ne abbiamo già veduto un esempio (529), o dal vapore, e finalmente dall' acqua: tale è la macchina seguente.

NORIA, O MACCHINA A VASI DI *FRANCINI*
(*tav.* 1. *fig.* 8.)

624. Questa macchina fu eseguita da *Francini* per ordine di Colbert nel giardino dell' antica biblioteca del re. Esisteva nel vicinato una fontana, la quale veniva a sgorgare in una vasca situata in mezzo al giardino, ed il superfluo dell' acqua di detta vasca era condotto mediante un canale in un pozzo ove si perdeva. *Francini* approfittando, e del superfluo dell' acqua, e della profondità del pozzo, fece nascere in mezzo al giardino un getto d' acqua artificiale.

625. La macchina era composta di due catene perpetue, fatte di piccole verghe di ferro unite insieme col mezzo di cerniere, dalle quali catene pendevano vasi formanti due norie di altezza disuguale che giravano sullo stesso tamburo A; questo tamburo aveva delle scannellature per ricevere delle catene onde non vacillassero, ed era composta di fusi di ferro, la cui distanza fra loro riusciva uguale alla lunghezza degli anelli della catena.

626. L' asse del tamburo veniva sostenuto da pali, che mediante alcune traverse stabilmente fissate sull' orlo del pozzo erano mantenuti nella loro posizione; il bacino *x* riceveva l' acqua soprabbondante della vasca.

627. I vasi della noria motrice erano fatti di lastre di rame più larghi in cima che in fondo per meglio ricever l' acqua del bacino. Questa figura diventava vantaggiosa pei vasi sotto un altro aspetto, imperocchè quando uno dei due era troppo pieno, favoriva la discesa dell' acqua in quello che era posto al di sotto.

628. I vasi della piccola noria erano chiusi da tutte le parti, ma avevano un picciolo collo o tubo che riusciva in alto quando essi erano pieni. L' acqua usciva per esso tubo allorchè era arrivata all' altezza del serbatoio *z*, d' onde partiva un tubo che dirigevasi verso il centro del giardino, ove formava un giuoco d' acqua.

LIBRO TERZO

Degli esaurimenti d' acqua temporanei.

629. Gli esaurimenti d' acqua temporanei sono quelli che durano soltanto un tempo limitato, e cessano di poi affatto, o non si riproducano che ad epoche più o meno remote.

Noi descriveremo in questo libro tre spezie di esaurimenti temporanei: 1. gli esaurimenti che hanno per oggetto di disseccare l' interno di una tura, e di mantenerla in tale stato durante il corso dei lavori che deggiono eseguirsi nel suo recinto; 2. gli esaurimenti dei cantieri o bacini allorchè fa d' uopo costruirvi o racconciarvi un vascello; 3. gli esaurimenti a bordo di una nave per vuotar l' acqua introdottasi nella *carena*.

CAPITOLO PRIMO.

Esaurimento dell' acqua contenuta nell' interno di una tura.

630. Chiamasi tura un argine, o dirò meglio una cassa di legname piena d' argilla, che circonda uno spazio coperto d' acqua per poterla disseccare, ed eseguire comodamente al di dentro tutti i lavori relativi al fondamento di un edifizio che si vuol ergere in esso luogo. Così l' interno d' una tura debbe essere riguardato come un ampio bacino che trattasi di prosciugare col mezzo di macchine. Per ottenere compiutamente questo scopo, conviene che la tura sia costrutta in modo che possa resistere alla pressione dell' acqua che la circonda, e che le impedisca ogni ingresso entro il bacino.

631. Lo stabilimento di una tura richiede le seguenti operazioni: bisogna in primo scavare colla cucchiaia un fosso per tutta l' estensione che dee occupar l' argine che formerà il recinto della tura. (Vedi il cap. II libro II del nostro *Trattato sulle macchine impiegate nelle*

varie costruzioni, dove abbiamo esposto ciò ch' è relativo alla *ripulitura del fondo*). L' escavazione di questo fosso ha per oggetto di tor via il letto del terreno melmoso, o poco consistente che copre ordinariamente il fondo delle spiagge paludose; cotesto legno è sovente frammischiato di avanzi di pietre, di legni, o d' altri corpi che favorir possono l' ingresso dell' acque fra il fondo e l' argilla, di cui la tura sarà guernita.

632. Quando la *ripulitura del fondo* è terminata, si proceda alla formazione della cassa di legname destinata a contener l' argilla. Questa cassa è composta d' una doppia fila di pali battuti col maglio ad antanella o colla mazza (vedi il capitolo 4. libro II. del *Trattato sulle macchine impiegate nelle varie costruzioni*); i pali deggiono avere una lunghezza, ed una grossezza proporzionata alla profondità dell' acqua. Delle palanche (*a*) battute similmente sono addosate alle due fila di pali al di dentro della tura. Queste palanche si toccano, e sono poste in maniera da coprire i voti esistenti fra i pali. Indipendentemente da esse palanche, l' interno della cassa è incamisciato tutto di tavole situate orizzontalmente, che sono sovrapposte l' una all' altra, ed unite insieme con traverse, sulle quali rimangono inchiodate, appoggiandosi contro le palanche enunciate, e trattenute da altre palanche, il cui unico oggetto è di tener fermo tale incamisciamento.

633. Le due pareti della cassa formate in cotal guisa sono congiunte fra loro sulla cima, mediante un certo numero d' ascialloni assoggettati a traverse o pezzi di legno orizzontali posti al di fuori dei pali, a cui servono di appoggio, onde impedire che non si pieghino per la pressione della terra argillosa che si deporrà dentro la tura. Qualche volta per maggiore solidità, si colloca una staffa di ferro fra i due ascialloni consecutivi.

634. Allorchè la cassa è terminata giusta il metodo prescritto, (del quale ho avuto occasione di provare l' efficacia) o secondo uno di quelli descritti nell' *Architettura idraulica di Belidor*, e nelle *Opere di Perronet* si procede al riempimento con buona terra argillosa, purissima, e specialmente che non contenga nessun avanzo di legname, nè di altre sostanze estranee. Ciò fatto, la tura è in grado di essere disseccata.

635. La tura dee resistere a due forze gagliardissime.

La prima, che noi abbiamo già dichiarata, dipende dall' urto della

(*a*) Chiamasi palanca una spezie di lungo tavolone ridotto in punta alla sua estremità inferiore per essere affondato nel terreno a modo dei pali.

terra ch' empie le pareti della cassa. Gli ascialloni, le traverse, e le staffe di ferro sono destinate a vincere questa forza.

La seconda esercita la sua azione, quando si esaurisce l' acqua interna; allora la pressione del fluido d' intorno contro la cassa, tende a ribaltarla al di dentro. Si resiste a questa forza stabilendo un numero sufficente di stragli e puntelli collocati internamente. La disposizione di siffatti pezzi varia secondo la figura, la grandezza, e l' elevazione della tura.

636. La scelta delle macchine idrauliche pel disseccamento di una tura dipende da molte considerazioni importanti.

637. La prima è certamente quella di ottenere il più grand' effetto colla minore spesa di forza motrice; ma si anderebbe errato stranamente volendo supporre che sia l' unica che debba influire sulla scelta. Vi sono non ostante dei casi, ne' quali la macchina più vantaggiosa sotto tale rapporto deve essere rigettata, e cedere la preminenza ad un' altra macchina molto meno produttiva.

638. Le altre considerazioni che determinar debbono la scelta, sono 1. l' importanza e la durata dei lavori pei quali si è intrapresa la costruzione della tura; 2. i rimuovimenti più o meno frequenti a cui dovranno essere soggette le macchine; 3. la grandezza, e la disposizione dei luoghi, ove deggiono agire; 4. la qualità dell' acqua che bisogna estrarre; 5. il grado di attività richiesto nel lavoro degli esaurimenti.

639. In un esaurimento lungo e considerabile per la quantità dell' acqua da innalzare, vi ha del risparmio impiegando i cavalli anzicchè gli uomini, la corrente dell' acqua, od una macchina a vapore in vece dei cavalli stessi; ma la costruzione, lo stabilimento, ed il trasporto di una macchina mossa dai cavalli costa assai più che quelle mosse dagli uomini; le macchine a vapore, e quelle animate dalla corrente sono ancor più care. Se dunque la durata e l' importanza dei lavori non è tale che l' economia sulla mano d' opera degli esaurimenti ecceda la maggiore spesa cagionata per lo stabilimento delle macchine più atte a produrre, è certo che sarebbe una cattiva speculazione quella di dar loro la preferenza.

640. Le macchine destinate ad essere frequentemente rimosse, conviene che sieno leggiere, di poca mole, facili a collocarsi, e solide abbastanza per non provare alcun danno dall' urto, e dalle scosse, a cui soggiaciono durante il loro trasporto.

641. La configurazione, la grandezza e la disposizione della macchina debbono evidentemente entrare in rapporto col luogo che ha da occupare. Così una macchina voluminosa sarebbe impropria in un luogo ristretto, ed angusto.

642. L' acqua da esaurire è spesso limacciosa e pregna di lordure d' ogni sorta. In questi casi, tutte le macchine soggette ad ingorgarsi ad a scomporsi per l' introduzione del fango o della sabbia che l' acqua conduce, sono da rigettarsi.

643. Le trombe hanno generalmente il difetto sopraccennato; il fango, la sabbia s' insinuano fra lo stantuffo e la camera della tromba, e si fissano nelle articolazioni delle cerniere, per cui risulta, che gli attriti aumentano progressivamente, le valvole cessano d' agire, l' azione della potenza assorbita dalle resistenze passive non tende che alla distruzione della macchina, e diventa finalmente incapace di produrre alcun utile effetto.

644. Questa gravissima cagione ha fatto abbandonar l' uso delle trombe negli esaurimenti dell' acqua dalle ture, sostituendo loro con ragione le trombe a cappelletti verticali, ed inclinati, e la vite d' Archimede.

645. Nei casi, in cui l' acqua fosse assai limacciosa, le trombe a cappelletti verticali non possono essere di un gran profitto, e perciò la vite d' Archimede è allora preferibile, se l' altezza alla quale si vuol fare pervenir l' acqua non è che otto o dieci piedi.

Se poi l' altezza fosse maggiore, io ho adoperato con molto vantaggio i secchi di cuoio disposti a modo dei secchi flessibili impiegati nel Levante pei lavori d' irrigazione, e de' quali abbiamo data la descrizione alli (576. e seg.). I suddetti sono rappresentati dalla tav. 25.

646. Allorchè s' impiegano le trombe a cappelletti verticali, il loro tubo deve essere forato da tre buchi, di due in due piedi al di sotto della ruota dai denti in testa (*a*) che sostiene la catena, i quali buchi si chiudono poscia con turacci di legno guerniti di stoppa, e che serviranno per lasciare sfogar l' acqua proporzionatamente all' aumento, od all' abbassamento dell' acqua esterna, onde non caricare la potenza di una colonna d' acqua inutile. A tale effetto si sostituirà ai turacci d' un istesso ordine, delle docce di legno tornite e forate in mezzo, le quali sgorgheranno nei truogoli che si dovranno alzare od abbassare in proporzione dell' altezza dell' acqua.

647. Per non essere costretti a sollevare il fluido al di sopra della tura, quando l' altezza dell' acqua esterna non lo esige, si collocherà nel suo recinto una cassa ben calafatata, ed incatramata che l' attraverserà perpendicolarmente alla sua lunghezza. Questa cassa composta di tavole di quercia di due pollici di grossezza, ben unite, e fermate ad

(*a*) Vedi 703. (*b*)

ogni estremità ed in mezzo, da un telaio di legno, è corredata verso la parte che comunica nell' interno della tura, di tre porte o cerniere situate l' una sopra l' altra, guernite di cuoio al di dentro, le quali porte si terranno chiuse od aperte secondo che lo richiederà l' altezza dell' acqua esterna.

648. Le trombe a cappelletti debbono essere collocate sopra un armadura stabile fermata sovra pali. Dei pozzetti corrisponderanno al di sotto delle trombe, la parte inferiore delle quali vi sarà immersa. Questi pozzetti sono scavati assai profondi acciocchè l' acqua che scaturisce entro la tura vi trovi un libero scolo.

649. La vite d' Archimede è impiegata sovente negli esaurimenti delle ture, e sebbene meno produttiva della ruota a lumache, le si attribuisce spesso la preferenza a motivo della facilità del suo collocamento e del suo trasporto. Questa vite non esige che rare volte dei ristauri poco importanti, e non occorrono complicazioni di ruote per farne uso.

650. Noi abbiamo dichiarato precedentemente che il travasamento eseguito tanto col mezzo dei secchi, (*tav.* 1. *fig.* 1.) (N. 3. e 4.) che coi cesti (9), è di tutti i metodi di esaurimento il più economico, quando l' altezza a cui l' acqua dee giugnere è tenue. In tutti gli altri casi conviene necessariamente servirsi delle macchine. Nessun ingegnere forse ha avuta occasione d' impiegare un maggior numero, ed una più gran varietà di macchine da esaurir l' acqua, quanto *Pérronet*, e verun altro ha posto più discernimento ed intelligenza nella loro scelta. Descriveremo per tanto le macchine impiegate da questo illustre uomo, aggiugnendovi i risultamenti delle numerose osservazioni da lui fatte durante il loro lavoro; ma prima d' intraprenderne la descrizione, non sarà cosa inutile gittar rapidamente uno sguardo sulle infiltrazioni delle acque nelle ture, e sui mezzi di prevenire o di rimediare a tali inconvenienti.

651. Le vie che si apre l' acqua sono di tre sorte: le prime si formano attraversando la parete della cassa, le seconde insinuandosi dentro il terreno sul quale è collocata la tura e l' argilla che contiene la cassa; le altre finalmente debbono la loro origine a sorgenti più o meno copiose, che scaturiscono dal terreno circondato dalla cassa. Le due prime qualità di vie d' acqua dipendono ordinariamente dalla mala costruzione della tura, le ultime sono inevitabili, e derivano dalla natura del suolo.

652. Perchè una via d' acqua possa attraversare le pareti della cassa, fa d' uopo che vi sia nell' argilla di cui è piena, una mancanza di continuazione, e questa avrà luogo quando l' argilla conterrà pezzi di legno o di pietre. È assolutamente necessario scegliere dell' argilla o

della terra schietta ben pura, ed invigilare attentamente che niun corpo estraneo cada nella cassa, prima, o durante il riempimento.

653. Si dee tor via la sabbia ed il fango sinchè siasi trovato il buon terreno, e più basso che sia possibile, affinchè la terra argillosa possa giacere sopra un terreno non soggetto a filtrazioni, le quali senza cotesta precauzione potrebbero aprirsi fra l' ammasso dell' argilla ch' empie la cassa della tura, e la sabbia o ghiaia che vi si fosse lasciata.

654. Le vie dell' acqua derivando dalle sorgenti che si aprirebbero un varco nell' interno del bacino, non possono essere prevedute, e conseguentemente non prevenute; ma non bisogna trascurare alcun mezzo per cambatterle e distruggerle, allorchè si sono aperte.

655. Uno dei mezzi più efficaci che vengono impiegati a tale uopo, è di concentrarle in una spezie di pozzo, o cassa impermeabile, che impedendo loro di correre, le obbliga ad innalzarsi sino ad una data altezza, dove trovandosi a livello colla superficie della massa dell' acqua, da cui provengono, si forma una spezie d' equilibrio tale che l' effusione cessa.

656. I lavori da eseguirsi entro di una tura, non permettono sempre di formare questa sorta di pozzo, e di elevarlo all' altezza conveniente. In un caso simile, si studiano i mezzi di stabilire una specie di sifone rovesciato, le cui braccia sono disposte secondo la figura del luogo.

657. In qualunque evento, fa d' uopo che i lavori i quali si debbono effettuare nel recinto di una tura siano fatti colla maggiore attività possibile, e prima d' intraprendeli, conviene preveder tutto, e tutto disporre, onde non accada alcuna ragione di ritardo.

TROMBE A CASSETTE VERTICALI
(tav. 3. fig. 4.)

658. La tromba a cappelletti verticali conforme abbiamo addimostrato al num. 18. è composta di una catena perpetua che regge un certo numero di piatti rotondi a foggia di cappello posti esattamente ad ugual distanza. Questa catena è sostenuta dal verricello a branche *b*. L' allontanamento delle estremità delle due branche contigue è regolato dietro a quello degli anelli della catena della tromba.

Una parte della catena perpetua entra in un tubo cilindrico, il cui diametro è quasi lo stesso che quello dei piatti. Ciascun piatto è composto d' una rotella di cuoio stretta fra due piastre di metallo rotondo, cui ella sopravanza alquanto; questi tre pezzi sono attraversati da una cavicchia a vite in forza della quale sono uniti, e stretti fortemente.

659. Si assegna comunemente alle trombe a cappelletti verticali 12 15 e 18 piedi di lunghezza, i tubi più lunghi sono forati cilindricamente

intorno a 5 pollici di diametro, e gli altri intorno a 6. S'impiegano quattro uomini intenti alle manovelle di 15 o 16 pollici di curva per muoverle, i quali uomini vengono cambiati ogni due ore, occorrendo tre mute, o sieno dodici uomini per mantenere continuamente il lavoro giorno e notte.

Questi uomini fanno da venti sino a venticinque e trenta giri manovella al minuto, secondo l'altezza dell'acqua che debbono innalzare, e la vigilanza dei soprastanti.

CONTEGGIO DELLE SPESE PER UNA TROMBA A CAPPELLETTI VERTICALI, ESTRATTO DALLE OPERE DI *PERRONET*.

	lir.	sold.	den.
660. Una tromba di dodici piedi costò in Orleans l'anno 1756.	123:	15	
Ogni piede di più della tromba	3:	13:	6
I cuoi provenienti da Nemours costavano 50 lire l'uno, da ognuno de'quali si traevano 180 ruotelle per i cappelletti delle trombe di 5 pollici di diametro, o 150 di 5 pollici e 6 linee.			
Un cappelletto costava	3		
Un anello della catena	0:	3	
Un braccio di ruota dentata del peso di due libbre e mezzo	1		
Una cavicchia a vite con sua chiocciola di due libbre ed un'oncia	1		
Una staffa a vite di otto libbre e mezzo	3:	10	
Un sostegno di manovella di sette libbre	1:	14	

TROMBA A CAPPELLETTI INCLINATI
(*tav.* 15. *fig.* 5.)

661. Questa tromba è composta di un certo numero di piccole tavole chiamate *palette*, congiunte col mezzo di anelli da catena, l'unione dei quali forma una catena perpetua.

662. Una parte della tromba è rinchiusa nella doccia *aa*, e strascina l'acqua percorreudo il piano inclinato che forma il fondo di detta doccia, mentre l'altra parte che è scoperta scende lungo il canale di legno *bb* per andare ad attigner l'acqua; e qui per canale s'intende una tavola posta al di sopra della doccia, parallela al suo fondo, che forma un tubo quadrato.

663. La tromba passa sopra due rocchetti *m*, *n*, l'uno situato nell'estremità più bassa, e l'altro in cima alla doccia.

664. I rocchetti sono ordinariamente composti di due piatti rotondi e paralleli, riuniti da un certo numero di fusi, lo spazio dei quali è uguale alla distanza fra due palette consecutive.

665. Qualche volta i fusi nei rocchetti sono surrogati da palette inserite nell'asse del rocchetto, e che s'innalzano seguendo la direzione dei raggi.

666. Le palette della catena perpetua possono essere congiunte fra loro in due maniere: 1. attraversando ciascuna di esse con due gambi di ferro, e quelle delle due palette contigue unite a cerniera; 2. collocando in luogo dei gambi di ferro a cerniera una coda di legno, la quale sia posta ad una delle sue estremità, ed in ogni coda tagliata a foggia di un maschio, e l'altra abbia una fenditura corrispondente, per modo che il maschio dell'una entri nella fenditura dell'altra, e così unite *in* forza d'una cavicchia, ne risulta una specie di cerniera che comunica alla tromba a cappelletti la flessibilità richiesta.

667. Una tromba a cappelletti può esser mossa dai cavalli, o dagli uomini.

668. Quando la tromba deve esser mossa dagli uomini, bastano delle manovelle ai due capi dell'asse del rocchetto superiore *n* per porla in azione.

669. La tromba a cappelletti sarebbe un'eccellente macchina se non avesse il difetto di rompersi spesso nell'unione degli anelli della catena. Questi casi che si riproducono troppo frequentemente, sono una cagione d'incertezza intorno all'estimazione della quantità del lavoro che si può ottenere da una tal macchina in un dato tempo; fa d'uopo costosi ristauri, e si è obbligati non solo a tener in pronto un gran numero di pezzi di ricambio, ma eziandio delle macchine di riserva, onde poterle impiegare, mentre si risarciscono quelle che hanno sofferto qualche danno.

RUOTA A LUMACHE MOSSA PER MEZZO D'UOMINI
(*tav.* 3. *fig.* 1, 2, 3.)

670. Questa macchina ingegnosamente combinata, è stata adoperata con profitto nei lavori del ponte d'Orleans, ed era destinata a sollevar l'acqua all'altezza di 8 piedi.

671. Il tamburo *a a* è diviso internamente in dodici celle, o spazi col mezzo di traverse, l'incurvatura delle quali è disegnata sulla evoluta di un cerchio. L'asse *b* è circondato da un tubo, ove le celle versano l'acqua che contengono, quando questo fluido è giunto all'altezza

del suddetto asse; a tale effetto le celle sono aperte da ambo i lati, cioè verso la circonferenza, per dar l'ingresso all'acqua, e alla loro inserzione nel tubo centrale *b* per versarvi l'acqua innalzata.

672. Il tamburo è posto fra due ruote parallele *m n* del più piccolo diametro; e questi tre pezzi sono uniti fra loro dalle traverse *r r r*, ec. situate un piede lontano l'una dall'altra. Queste traverse servono nel medesimo tempo per assicurare la macchina, e far le veci dei gradini, sui quali si collocano gli uomini motori che imprimono un moto uniforme alla ruota col peso del loro corpo, salendo continuamente da un gradino all'altro senza però cambiar luogo.

CONTEGGIO DELLE SPESE OCCORSE PER QUESTA MACCHINA INSERITO NELLE OPERE DI *PERRONET*.

673. Legname per la ruota a lumache, compresa l'armatura per sostenerla, solive (*a*) 91, piedi 2, pollici 5, a lire 2, soldi 15 — lir. 251, soldi 3.

Detto pei truogoli, o lumache, a lire 4, soldi 10 la soliva; oltre la fattura lire 2, soldi 15.

Ferro per le staffe, cavicchie a vite, cerniere, senza la fattura, in ragione di soldi 3, denari 6 la libbra.

MACCHINE MOSSE DALLA CORRENTE STESSA.

RUOTA A CASSETTE.

674. Questa macchina fu impiegata da *Pérronet* nella costruzione del ponte di Neuilly. Era composta di una ruota a pale che riceveva l'azione della corrente, e la trasmetteva ad una ruota a cassette posta nell'interno della tura, coll'intermedio d'un asse orizzontale armato di due rocchetti collocati alle sue estremità. L'uno di questi rocchetti ingranava in una gran ruota dentata in testa applicata ad una delle sue facce laterali della ruota a pale; l'altro prendeva in uua ruota dentata in testa similmente, adattata parimente ad una delle facce della ruota a cassette.

675. La ruota a pale aveva 18 piedi di diametro, e le pale in numero di 14 avevano 20 piedi di lnnghezza, e tre di larghezza. Erano

---

(*a*) La *soliva* è una misura di legname equivalente a 3 piedi cubi.

state inclinate da 15 gradi in quanto al raggio, colla mira di far loro ricever l'urto con più vantaggio, e diminuire la resistenza che ne avrebbero provata, uscendo dall'acqua.

676. La ruota dai denti in testa accomodata a questa ruota, era guernita nella sua circonferenza di 128 denti (l'originale francese ha *allucons*, che vale a dire una specie di dente di legno duro).

L'albero orizzontale destinato a comunicare il moto acquistato dalla ruota esterna a pale, alla ruota interna corredata di cassette, aveva un piede di diametro, e 108 piedi di lunghezza. I rocchetti ch'erano adattati ad esso, contavano 4 piedi di diametro e 30 fusi per cadauno.

677. La gran lunghezza dell'albero l'avrebbe infallibilmente fatto piegare, se non si fosse usata la precauzione di appoggiarlo di tratto in tratto, ma era d'uopo che cotesti appoggi non lo impedissero di girar liberamente; a tale effetto erano stati combinati nel seguente modo.

Dei cavalletti posti ad una certa distanza l'uno dall'altro sostenevano carrucole di tre piedi di diametro, sulle quali passava un acorda perpetua che abbracciava da un'altra parte l'albero, e lo reggeva; così la rotazione dell'asse faceva girar la corda perpetua in un colla carrucola.

678. La ruota era armata di sedici cassette, e posava sopra un telaio composto di quattro travi uniti in cima, ed in fondo da traverse; stretto il tutto fortemente da staffe, ogni trave era scavato in mezzo sopra quattro pollici di larghezza, ed una parte della sua altezza, onde ricevere le ugnature delle *guance* che sostenevano la ruota, la quale si alzava ed abbassava secondo il bisogno. Uno dei punti d'appoggio dell'albero delle ruote a fuselli era fissato sul telaio collo stesso scopo delle guance, cioè di alzarlo, ed abbassarlo a piacimento.

679. Il vantaggio di questo telaio era di far discendere più o meno la ruota, e l'albero delle ruote a fuselli senza interromperne il moto.

Quando il luogo non permette di collocare la ruota a cassette sopra un telaio, vi si battono dei pali, facendo in una parte della loro lunghezza una scannellatura per fermarvi i maschi che reggono le ruote nel loro moto verticale, e ciò conforme si pratica nei movimenti del telaio.

680. A queste sorte di macchine si deggiono adattare delle ruote a fuselli di una sufficente grandezza. Imperocchè riferisce il *Perronet* che avendo cominciato gli esaurimenti d'acqua con ruote a fuselli di due piedi di diametro, i denti della ruota a pale facevano uno sforzo così grande su i fuselli di queste ruote, e li consumavano tanto presto, che vi era un falegname sempre intento a rinnovare detti fuselli, e i denti stessi. L'esperienza ha fatto conoscere che conveniva dar loro quattro piedi di diametro.

681. Il Perronet ci ha trasmesso il conteggio seguente delle spese fatte per questa macchina.

	Cubatura espressa in solive - Prezzo solive	piedi	pollici	linee	lire	soldi
Ruota a pale	114	4	4	3		
Denti di ruota num. 128 stimati soldi 4 l'uno					25	12
Albero delle ruote a fuselli	35	2	10	8		
Fuselli num. 60, a soldi 4 per ciascheduno					12	
Ruota a cassette	64	5	11			
Denti num. 118 per la ruota a cassette a soldi 4					23	12
Cassette num. 16	16	2	4			
Truogolo	9	1	8	2		
Totale del legname	238	17	1	1		
Prezzo a compra e vendita di ogni soliva di detto legname	6 franchi			12	2890	6
Mano d'opera e consumo d'attrezzi	6					
Fattura delle cassette					48	
Cavicchie a vite num. 664, pesanti ciascuna una libbra, a soldi 8, den. 6					268	9
Ferro pei cerchi, squadre e fasce per le ruote, libbre num. 1600, a soldi 5 den. 6 la libbra					440	
Pianerottoli 6 di rame, pesanti in tutto libbre 51, a soldi 40					102	

Mano d'opera per la collocazione di questa macchina, battuta de' pali, e palanche.

Giornate 11 di lavoro ai falegnami, in ragione di lire 2, e soldi 5	24:	15
Dette di operai num. 250 a lir. 1 soldi 4	300	
Dette di marinai num. 11, a lir. 1, soldi 17, den. 8	20:	14

Fattura della macchina, e suo collocamento.

Giornate 96, e due terzi di maestri, a lir. 2, soldi 4, den. 6	215:	1
Dette di operai num. 14, a lir. 1, soldi 4	16:	16
	4588:	03

Somma addietro	4588:	05
Dette di marinai num. 26 e mezzo, a lir. 1, soldi 10 .	39:	15
Cavalli impiegati pel trasporto del legname, giornate 4 a lire 3, e soldi 10	14	„
Ammontare della macchina suddetta pronta ad esaurire l'acqua . . . . . Lir.	4442	„

Ristretto conto del peso esatto della suddetta macchina come segue.

Ruota a pale compreso tutto libbre	12,166
Ruota a cassette	4,739
Albero con due ruote a fuselli	3,200
Lir.	20,105

TROMBE A CAPPELLETTI INCLINATI.

682. Questa macchina impiegata nei disseccamenti all'epoca della costruzione del ponte d'Orléans, era composta di una ruota a pale, che sosteneva una ruota dentata in testa su di una delle sue facce, la quale ingranava in una ruota a fuselli, il cui asse reggeva il rocchetto della tromba a cappelletti. Il sostegno nella ruota stabilito sopra dei pali poteva essere alzato ed abbassato col mezzo di due forti viti.

La ruota dentata aveva 124 denti; quella a fuselli nella quale ingranava portava 15 fusi, ed era unita al rocchetto della tromba a cappelletti mediante un doppio ordine di gambi di ferro a cerniera.

Calcolo delle spese di questa macchina.

Solive di quercia num. 80, piede 1, pollici 10, a lire 2, soldi 10	220:	14
Dette num. 24, piedi 3, a lir. 3	73:	10
Dette d'olmo num. 27, piede 1, pollici 2, a lire 4, soldi 10	121:	10
Solive in tutto num. 132 . . .	415:	14
Ferro lib. num. 630 e mezzo, a sold. 3, den. 6 . . .	110:	6
Giornate di lavoro ai segantini e falegnami a 30 e 35 soldi l'una	263:	13: 6
	739:	13: 6

Somma addietro	788:	33:	6
Al capo falegname, in ragione di lir. 90 al mese . . .	120;	10	
Ai fabbri per manifattura dei ferramenti	234		
Prezzo totale della macchina	1144:	03:	6

MACCHINE MOSSE DAI CAVALLI.

TROMBE A CAPPELLETTI MOSSE DAI CAVALLI.

683. Il *Perronet* impiegò la seguente macchina negli esaurimenti eseguiti in occasione della costruzione del ponte d'Orléans.

Una piatta forma sostenuta da pali piantati parte dentro, e parte fuori della tura, era attraversata da un albero verticale che reggeva le stanghe del maneggio al disopra della piatta forma, ed in fondo una ruota armata di 115 denti che ingranava in due ruote di dodici fusi l'una, per mezzo ad ognuna delle quali passava un asse orizzontale, su cui era adattato il rocchetto della tromba a cappelletti. Così la ruota trasmetteva simultaneamente il moto a due trombe a cappelletti inclinati.

Questa macchina era mossa da dodici cavalli. La piatta forma sulla quale lavoravano, era coperta da un tetto.

RISULTAMENTI COMPARATIVI DEI VALORI, E DEI PRODOTTI DELLE VARIE MACCHINE IDRAULICHE IMPIEGATE DA PERRONET.

ESAURIMENTO D'ACQUA COI SECCHI A MANO.

684 Gli operai innalzavano l'acqua sino a 5 piedi e mezzo di altezza, estraendone circa un piede cubo al minuto.

Quando dovevano estrarne per 3 piedi soltanto di altezza, ne innalzavano quasi 2 piedi cubi al minuto.

TROMBA A CAPPELLETTO VERTICALE.

685. La tromba a cappelletto rappresentata dalla tav. 3, fig. 4, e descritta al N. 19 fu sottoposta all'esperienza. Essa aveva 18 piedi di lunghezza, era forata da cinque pollici di diametro, ed innalzava l'acqua a 15 piedi di altezza al disopra della superficie dell'acqua interna.

Quattro uomini facendo trenta giri di manovella al minuto, hanno

riempiuta una botte contenente 15 piedi cubi in cento otto secondi di tempo, il che forma 500 piedi cubi l' ora, ad ogni giro sviluppavano 4 piedi e un terzo di catena sull' orizzonte.

686. Fa d'uopo osservare che bisogna sottrarre 3 piedi circa della lunghezza delle trombe rispetto alla parte che scende nei pozzetti sotto l'acqua.

687. Il *Perronet*, avendo osservato che gli operai rallentavano il loro moto quando non sono invigilati, principalmente allorchè lavorano di notte, è d'avviso che non si dee valutare il numero dei giri della manovella che a soli venticinque.

Egli consigliò parimente di applicare alla tromba a cappelletto un calcolatore; così viene chiamata una macchinetta che serve a contare i giri della manovella. Col mezzo del calcolatore si paga agli operai intenti al lavorio un prezzo concordato per ogni cento giri, e si ottiene un lavoro più spedito nel medesimo tempo e più economico.

688. La tromba a cappelletto, di cui si parla, è costata 124 franchi. Il *Perronet* ha osservato che consuma in ventiquattr' ore quattro ruotelle di cuoio, quattro o cinque anelli di catena, ed un quarto di libbra di grasso.

ALTALENO.

689. L'altaleno fig. 7 (tav. 3) essendo manovrato da venti uomini, dieci per parte, esauriva l'acqua cento cinquanta volte in ogni quarto d'ora, e gettava in ciascuna volta 4 piedi cubi d'acqua a 3 piedi di altezza, cioè 2400 piedi per ora.

Ogni uomo non faceva, a motivo della direzione obbliqua delle corde, che uno sforzo di circa ventiquattro libbre, e cinque vibrazioni al minuto. Questo lavoro era moderato, e non esigeva altro riposo che la notte. Siffatta macchina occupa molto luogo, e il suo prodotto è minore che quello del semplice esaurimento dell' acqua col mezzo di secchi.

RUOTA A TIMPANO.

690. Questa ruota rappresentata dalla tavola 3, fig. 1, 2, 3, e descritta al num. 670, innalzava l' acqua da 8 piedi circa. Il suo prodotto è molto variato secondo le diverse altezze dell' acqua in cui trovasi immersa.

1. Quando è un piede sotto l'acqua, lo stesso numero d'uomini può farle fare due giri al minuto, il che equivale a cento venti giri l'ora. Ad ogni giro vuota ventiquattro celle contenenti ciascuna un piede e mezzo cubo, ciò che produce 4320 piedi all' ora; ma per giugnervi bisogna incoraggiare continuamente gli operai, senza della qual cosa il

moto della macchina è rallentato, ed il prodotto non è più lo stesso.

2. Quando la ruota prende 9 pollici d'acqua, il medesimo numero d'uomini può farle fare due giri e mezzo al minuto, il che ammonta a cento cinquanta giri per ora, ma anche ogni cella non comprende altro che un piede cubo.

3. Quando ne prende 6 pollici, compie comunemente tre giri al minuto con lo stesso numero d'uomini: ciascuna cella non contiene allora che i tre quarti d'un piede cubo, e la macchina fa cento ottanta giri per ora.

4. Finalmente, quando prende 3 pollici d'acqua soltanto, non si può calcolare che sopra un po' più della metà del prodotto precedente, quantunque manovrata da un egual numero d'uomini.

691. Il *Perronet* paragonando il prodotto di cotesta macchina con quello d'una tromba a cappelletti, ha conosciuto che vi sarebbe generalmente del risparmio servendosi della ruota a timpano, sempre però che non ci proponessimo d'innalzar l'acqua che ad 8 piedi circa di altezza, perchè questa ha meno attrito delle trombe a cappelletti verticali: ma del resto è da notarsi, che questa macchina avente 18 piedi di diametro, e pesando sette in otto mila libbre è assai difficile a stabilire, e a trasportare da un luogo all'altro, occupando altresì molto posto nell'edifizio, e non potendo essere alzata, nè abbassata agevolmente come sarebbe d'uopo per procurarle più effetto a misusa che l'altezza dell'acqua cambia nell'interno della tura. Ecco gli inconvenienti per cui se n'è abbandonato l'uso al ponte d'Orléans. La costruzione della presente macchina è costata quasi trecento franchi.

VITE D'ARCHIMEDE (*tav.* 3. *fig.* 6.)

692. Il corpo della vite aveva 8 piedi di lunghezza, e 18 pollici di diametro esterno; s'inchinava più o meno, ma seguendo comunemente l'angolo di 30 gradi, il che presentava 4 piedi di altezza perpendicolare dal punto più basso sino a quello dello sbocco, ed allora la macchina sollevava l'acqua da 3 piedi e mezzo circa. La manovella aveva un piede di curva, o raggio; la sua posizione inclinata all'orizzonte stancava molto i due uomini che la manovravano; le si faceva fare ordinariamente trenta giri al minuto, ed allora il prodotto era di 9 piedi cubi al minuto, o siano 540 piedi cubi l'ora. Cotesta macchina ha servito pochissimo; ma per gli esaurimenti dell'acqua dalla profondità di tre o quattro piedi non si è trovata cosa più comoda nè meglio adattata che i secchi e le pale, e principalmente i secchi.

TROMBA A CAPPELLETTI MOSSA DAI CAVALLI.

693. Questa macchina è descritta al num. 683. Era mossa da una muta di 12 cavalli alla volta, e faceva cento quaranta giri l'ora, quando andava senza interruzione; ma convien detrarne un decimo pel tempo perduto nel cambiar le mute, e nell'aggiustare gli attrezzi, perciò non si dee contare che sopra cento ventisei giri. Il numero dei denti della ruota era cento quindici, quello dei fusi della gran ruota dodici, e quello dei fusi della piccola ruota, otto. Le due trombe davano quattro mila novecento cinque piedi cubi d'acqua sollevata all'altezza di 15 o 16 piedi.

Erano impiegati per la suddetta macchina 36 cavalli al giorno in tre mute.

694. Il *Perronet*, paragonando il prodotto e la spesa di detta macchina con quella delle trombe a cappelletti verticali manovrate da uomini, ha conosciuto che il suo prodotto poteva essere stimato come quello di dodici trombe di questa specie, mosse ciascuna da quattro uomini; che la spesa giornaliera per trentasei cavalli ascendeva a cento otto franchi, e quella degli uomini impiegati nelle dodici trombe a cappelletti verticali, a franchi due cento e uno; talmente che la macchina mossa dai cavalli procacciava un risparmio di novanta tre franchi al giorno, le altre spese erano supposte eguali per queste diverse macchine.

TROMBA A CAPPELLETTO INCLINATO MOSSA DALLA CORRENTE DELL'ACQUA.

695. Questa macchina descritta al num. 682 è costata quasi mille e duecento franchi. La gran ruota aveva 124 denti, l'altra 15 fusi, ed il rocchetto, sul quale si svolgeva la catena di questa tromba aveva 8 fusi, ciascuno de' quali faceva passare una paletta della sudetta tromba, ciò che produceva 66 palette e due quindicesimi per ogni giro della gran ruota, e compiendone 180 l'ora, il prodotto in totalità era 11,904 palette. Ogni paletta innalzava 290 pollici cubi d'acqua, cioè 1997 piedi cubi in un'ora. Questo prodotto è quasi il quintuplo di quello della tromba a cappelletto verticale, che eleverebbe l'acqua alla medesima altezza di circa 12 piedi. La macchina risparmiava dunque sessanta uomini al giorno, le cui giornate sono valutate da *Perronet* ad 84 franchi, sul qual conto egli detrae 12 franchi per manutenzione, e per la paga di due uomini che ne avevano cura, per modo che valutata a 24 franchi al giorno il risparmio ottenuto mediante questa macchina nella costruzione del ponte d'Orleans.

RUOTA A CASSETTE MOSSA DA UNA GRAN RUOTA A PALE

696. Questa macchina per esaurir l' acqua, fu impiegata nei lavori del ponte di Neuilly, e trovasi descritta al Num. 674. . Il suo peso era di oltre 20 migliaia, e costò circa 4500 franchi. Innalzava l'acqua a dieci piedi circa di altezza, e il suo prodotto era quasi eguale a quello di dodici trombe a cappelletti verticali. Cotesto prodotto paragonato a quello della macchina precedente, fa conoscere ch' essa è più vantaggiosa nel rapporto di 5 a 12. a circostanze uguali. Ecco perchè il *Perronet* ha adoperate le ruote a cassette a preferenza delle trombe a cappelletti inclinati.

CAPITOLO II.

Esaurimento dell' acqua contenuta nei bacini di costruzione.

697. Negli arsenali di marina vi sono vasti bacini destinati per la costruzione, e pel ristauro dei vascelli. I lavori che vi si eseguiscono esigono che l' acqua in essi contenuta sia esaurita, e che sieno costantemente mantenuti asciutti sino al punto in cui questi lavori essendo terminati, si lascia entrar l' acqua per porre a gala il vascello e farlo uscire.

698. Fa d' uopo che questi vuotamenti vengano eseguiti colla maggiore celerità possibile; perciò debbono impiegarsi delle macchine gagliardissime.

699. Ampie trombe, o norie di gran dimensione mosse da una macchina a vapore, sono i mezzi più convenienti per operare tal sorta di vuotamenti.

700. Queste macchine saranno collocate in un edifizio contiguo al bacino, dove è scavato uno spazioso recipiente profondissimo, perchè l' acqua di esso bacino possa sboccare tutto ad un tratto, mediante l' aprimento di una cateratta eretta a tale oggetto.

Con siffatto metodo, sarà disseccato il bacino quasi sull' istante, e dopo il primo scolo, rimarrà perfettamente asciutto. Le macchine sono sovrapposte al recipiemte.

701. Gli esaurimenti non essendo che temporanei, si può nei loro intervalli valersi dell' azione della macchina stessa a vapore per forare cannoni, o per dar moto ad altre macchine in uso negli arsenali.

702. Il *Belidor* ha descritto nel primo volume della sua *Architettura*

idraulica, una macchina costrutta a Rochefort nel 1722 per esaurir le acque dei cantieri, o bacini di costruzione. Questa macchina era composta di tre norie mosse dai cavalli col mezzo di molte ruote a fuselli.

703. Le tre norie erano armate ognuna di trenta secchi formanti una catena di 60 piedi, poste in moto simultaneamente da quattro cavalli, e col mezzo di quattro alberi, tre ruote a fuselli (*a*), una ruota dai denti in testa (*b*), tre rocchetti, e tre tamburi ottangoli che sostenevano le catene perpetue.

704. La ruota dai denti in testa era situata orizzontalmente sull' albero del maneggio ove stava assicurata col mezzo di puntelli. Essa ruota con tre piedi di raggio aveva 48 denti, ed ingranava in tre ruote a fuselli di 15 pollici di raggio, contenente ciascuna 16 fusi. Ogni ruota prendeva in un rocchetto di due piedi e mezzo di raggio, avente 32 denti, all' asse del quale era adattato il tamburo ottangolo di una delle norie, il cui raggio aveva due piedi e mezzo.

705. Ciascuno dei secchi dimostrato dalla *fig.* 3. *tav.* 14. consisteva in una spezie di tamburo composto di due fondi opposti, uniti insieme mercè di sei tavole strette da squadre di ferro formante il tutto un prisma; la cui grossezza restringevasi dal lato *g a* sino all' altro opposto *h d*.

Contro i due fondi erano attaccate delle fasce di ferro *m l o*, lunghe due piedi l' una, forate nella loro estremità per ricevere le cavicchie *k*, *k*, le quali attraversando pure le fasce che corrispondono coi secchi adiacenti, formano i nodi della catena della noria.

706. Uno dei fondi di ciascun secchio dalla parte corrispondente al bacino era forato con un buco, onde i suddetti secchi potessero riempiersi e vuotarsi, quando entravano nell' acqua, il buco era abbasso, e dopo essersi riempiuti stava in alto, ed allora il fluido usciva da canto e cadeva nel bacino.

707. Cotesta macchina messa in moto da quattro cavalli alzava in un' ora, a 24 piedi di altezza, 1296 piedi cubi d' acqua. Tale risultamento troppo debole rispetto alla forza motrice impiegata, sembra accusare questa macchina di qualche difetto essenziale o nella sua disposizione, o nella sua costruzione.

(*a*) Si attribuisce generalmente il nome di *rovet* (ruota a fuselli), ad una ruota, ove i denti sono perpendicolari al suo piano.

(*b*) *Herisson*, (ruota a denti in testa), è quella i cui denti sono disposti sul prolungamento dei raggi.

CAPITOLO III.

Esaurimenti d' acqua a bordo di una nave.

708. Si formano sovente delle vie d' acqua nella carena di una nave per cui nascerebbe la sommersione se non si avessero mezzi pronti ed efficaci per vuotarla a misura che s' introduce.

709. Questi esaurimenti, dai quali dipende la salvezza della nave, deggiono eseguirsi col mezzo di macchine, la cui semplicità, e piccolezza di mole sieno tali che la nave non rimanga di sorta alcuna ingombrata, che niuna importante comunicazione vi sia intercettata, e finalmente che nessun ostacolo sia recato alle consuete manovre.

710. Queste macchine hanno di più altre condizioni non meno essenziali da adempiere. Fa d' uopo che ammettano l' azione simultanea del maggior numero possibile d' operai, e ch' eglino possano spiegare comodamente tutta la loro forza senza frastornarsi l' un altro. Conviene che siano solidissime, e fissate in un modo stabile; non soggette a chiudersi; che possano essere ristaurate prontamente e con facilità, mediante la sostituzione dei pezzi di ricambio, dei quali bisogna essere abbondantemente provvisto. Si è conosciuto che le trombe ben costrutte sono di tutte le macchine quelle che adempiono meglio sì fatte condizioni, per cui sono quasi sempre preferite a bordo dei bastimenti.

711. Una nave di linea è ordinariamente provveduta di sei trombe. Quattro sono poste d' intorno all' albero maestro, e le altre due a ciascun lato dell' albero di mezzana.

Queste trombe sono aspiranti, e qualche volta aspiranti e prementi; il loro stantuffo ha comunemente sei pollici di diametro. Quelle dei vascelli a tre ponti hanno 34 piedi di lunghezza: quelle dei vascelli di 74 cannoni 30 piedi; e finalmente quelle delle fregate 19 e 20 piedi.

712. La camera della tromba, cioè la parte del tubo cui lo stantuffo percorre è di rame ben levigato; il rimanente di legno guernito di cerchi, foderato di una tela incatramata, e di un contorno di corda, i cui giri strettamente uniti si toccano, e coprono tutto il tubo.

LEVE O MANOVELLE DI TROMBE.

713. Nella maggior parte dei vascelli, ogni tromba è mossa da una leva lunga circa dieci o dodici piedi chiamata *bringueballe*. Questa leva, fatta di legno d' olmo, e qualche volta di quercia, è sospesa all' albero maestro col mezzo di un canapo che circonda il suddetto albero, e

lo sostiene sopra un sol punto, per modo che un terzo della leva corrisponde dalla parte dello stantuffo, e gli altri due da quella della potenza che vi è applicata.

Questa potenza consiste in 8 e talvolta in 12 uomini che agiscono simultaneamente sopra corde attaccate all' estremità di essa leva. Eglino innalzano lo stantuffo traendolo dall' alto al basso, e facendogli percorrere uno spazio di 8 pollici circa di altezza. Delle palle di cannone appese al gambo dello stantuffo producono la sua discesa. Si comprende agevolmente che la disposizione di questa leva è assai viziosa; l' appoggio di essa non essendo stabile, le permette di barcolare da tutti i lati; del resto questo medesimo appoggio presenta un grande attrito che assorbisce inutilmente una parte della forza motrice, l' altra parte della quale è distrutta a pura perdita dall' obbliquità delle linee di trazione; i pesi attaccati al gambo dello stantuffo cagionano pure un aumento di perdita.

SENTINE

714. Le trombe sono circondate da una spezie di pozzo chiamato *sentina*. Un vascello ha due sentine, la *sentina dell' albero maestro*, e quella *dell' albero di mezzana*. Ciascuna è incamisciata di tavoloni grossi tre o quattro pollici, inchiodati sopra otto travicelli che la circondano, quattro de' quali sono collocati agli angoli della sentina, che ha una figura quadrangolare, laddove gli altri sono intermedii. La sentina, la cui larghezza è comunemente uguale alla sesta parte di quella del vascello, comincia dal fondo di esso, e giugne sino al primo ponte. Una scala a ganci posta nella sentina stessa permette di discendere nel suo interno.

715. L'oggetto della sentina è di porre le trombe in salvo dall' urto delle botti o casse di mercanzie che potrebbero danneggiarle, per cui offre il comodo di discendere in questo luogo sino alla stiva, per visitare le trombe in tutta la loro lunghezza, ristaurarle, o levarle all' uopo con facilità. E poichè la sentina è situata nel luogo più basso del vascello, ivi concorrono tutte le acque della stiva.

METODO DI PORRE LE TROMBE IN MOTO MEDIANTE L' AGITAZIONE DEL MARE

716. Il capitano d' un vascello che andava da Stocolm in America, trovandosi in un estremo pericolo, perchè l' equipaggio del suo bastimento non era sufficiente a vuotar l' acqua introdottasi nella stiva, seppe approfittare del moto stesso dell' onde, che minacciavano di affondarlo,

e supplì alla forza motrice occorrente per porre in azione le trombe.

717. Egli attaccò una lunga antenna all' albero maestro, l' una delle cui estremità corrispondeva al di sopra delle trombe, mentre l' altra usciva fuori del vascello: ed ognuna di queste estremità erano appese delle carrucole, lo scopo delle quali era di diriggere una corda appiccata da un lato agli stantuffi delle trombe, e dall' altro ad una botte contenente una certa quantità d' acqua, ed immersa in parte nel mare. Questa botte si alzava od abbassava ad ogni moto laterale del vascello; quando esso girava al basso bordo, o quando l' agitazione del mare sollevava la botte, la corda si allentava, ed i stantuffi delle trombe scendevano; per il moto opposto la botte alzava gli stantuffi, e l' acqua usciva fuori. Si pervenne in cotal guisa a vuotare il vascello in quattro ore, e fra tanto l' equipaggio potè essere impiegato ad eseguire le altre manovre occorrenti alla sicurezza del bastimento.

718. Da qualche anno gl' inglesi hanno adottato a bordo dei loro bastimenti le trombe a due stantuffi, onde abbiamo parlato nel capitolo II. del primo libro. Una di queste trombe, la cui effusione è continua, genera un effetto doppio delle trombe comuni di egual dimensione, ma esige una forza motrice più che doppia in grazia degli attriti che vi sono considerabilissimi. Tale aumento di forza motrice richiesto da queste trombe, non è cosa molto rilevante nei grandi vascelli, dove si ha ordinariamente un gran numero di braccia disponibili.

TROMBA A DUE STANTUFFI ED A LEVA, O TELAIO
(*tav.* 19. *fig.* 3. e 4.)

719. Questa tromba (1) costrutta sullo stesso sistema di quella che abbiamo descritta al (N. 91.), comprende due stantuffi, che muovonsi oppostamente fra loro nella stessa camera di tromba, per modo che l' uno scende quando l' altro sale; a tale effetto i gambi dei suddetti stantuffi sono eccentrici, e quello dello stantuffo inferiore attraversa il superiore. Ogni stantuffo ha una valvola a due cerniere (130). I due gambi si distendono fuori della camera della tromba, si piegano, e vengono ad unirsi in una leva *bb* fig. 3, fissata nell' orizzontale *dd*, sostenuta dai travicelli *cc* attaccati alla tromba stessa.

720. La leva o telaio *nmpq* si adatta all' estremità dell' asse *dd* in una maniera igegnosissima, che offre il mezzo di collocarla prontamente quando si vuol far agire la tromba, e levarla allorchè il lavoro è finito.

(*a*) *Hachette, Trattato elementare delle macchine;* — pag. 99. edizione prima.

721. Si possono far agire 22 uomini sopra questo telaio, cioè 10 dentro, e 12 fuori: tutti lavorano con ugual vantaggio senza obbliquità di trazione, e senza impaccio.

722. Questo telaio è composto di pali, il primo ha due cavicchie *r*, *s* e due chiavette appese a catene perchè non si perdino nel trasporto; l' altro *m n* è adattato da una parte all' estremità dell' asse *d d*, squadrato, e dall' altra alla cavicchia *r*, ove è fermato col mezzo delle chiavette; il terzo *p q* è adattato egualmente a questa medesima estremità dell' asse *d d*, e da un altro canto alla cavicchia *s*. Il pezzo *p q* è ripiegato ad angolo retto in *q* per ricevere il braccio *n* del pezzo *m n*.

723. Il telaio *m n p q* è sostenuto dai guancialetti *z z*, stabiliti sopra puntelli, o sostegni verticali di legno.

724. Questo telaio si mette su, e si disfa colla più gran prestezza. E poichè è di ferro, è solidissimo e di poca mole. Quando è disfatto, si levano del pari l' asse *d d*, ed i travicelli *c c*, talmente che la tromba essendo spogliata affatto di tutto il suo apparecchio, anche il luogo che la circonda è perfettamente libero. Questo vantaggio è importante in un vascello ove il più piccolo spazio è prezioso.

725. La tromba ha nella parte infima un diaframma, o tramezzo corredato di una valvola a due cerniere.

TROMBA IMPIEGATA NEI VASCELLI DAL SIGNOR *ROBERSON* BUCHANAN

726. Gl' infiniti accidenti, a cui soggiaciono i vascelli per causa della rena, o d' altri corpi che s' introducono nelle trombe, e le otturano hanno fatto riguardare come un oggetto importantissimo per la marina il rinvenire qualche mezzo onde evitare un inconveniente cotanto dannoso nell' impiego di queste macchine. La tromba a cappelletti venne adottata per conseguenza, come quella di tutti gli apparecchi di siffatto genere meno sottoposta ad essere otturata, ma non esente tuttavia da imperfezioni. Se le rotelle non uniscono bene nella camera della tromba cui percorrono, ricade molt' acqua, se entrano esattamente, l' attrito d' un così gran numero di rotelle debbe essere considerabile indipendentemente da quello della catena sulle ruote che la strascinano, e di quello degli assi di queste stesse ruote. A tale inconveniente si devono aggiugnere quelli della rottura frequente della catena, e del consumo notabile dei cuoi.

727. Il sig. *Buchanan* si è prefisso nella costruzione della sua tromba, rappresentata dalla *fig. 7. tav. 7*, d' impedire ch' ella non possa essere otturata dalla sabbia, dalle scheggie ec. — A, tubo d' aspirazione.

— B, valvola ascendente. — C, valvola laterale. — D, camera di tromba. — E, stantuffo. — G, tubo di sfogo nell' azione della ricompressione.

728. Le valvole sono della spezie di quelle chiamate a cerniera, e le loro cerniere sono di metallo, come più durevole del cuoio (*a*).

Le proprietà che distinguono questa tromba dalle comuni sono, che l' acqua è cacciata al di sotto dello stantuffo, e che le valvole di una costruzione semplice e durevole si trovino l' una appresso l' altra, e sono facili a toccarsi, e a riattare.

Da questa disposizione risultano i seguenti vantaggi: la sabbia od altri corpi estranei che possono essere nell' acqua sono cacciati fuori senza che nè la camera della tromba, nè i cuoi dello stantuffo possano soffrirne. Così, non solamente si schiva che questi pezzi strofinando si consumino, ma la tromba stessa si conserva in buono stato, ed è sempre apparecchiata ad agire nei momenti di pericolo. Si può assegnare alle valvole quella dimensione che si giudica a proposito, ed impedire in cotal guisa che sieno otturate da qualunque immondezza che fosse per innalzarsi nella camera della tromba. Se si aduna qualche materia intorno ad una di esse, è facilissimo il trarnela, poichè sono atte tutte e due a ricevere la mano nella cavità G, senza disfare, nè scomporre cosa alcuna della macchina. Finalmente cotesto apparecchio occupa pochissimo posto, e quindi lascia maggiore spazio per collocare le mercanzie nella nave.

729. Si può in un istante trasformare questa macchina in una tromba d' incendio; perciochè possiede a piacimento i vantaggi tutti che appartengono alle trombe prementi. Si ottengono questi vantaggi, attaccando con viti un serbatoio d' aria H al disopra del tubo laterale G, ed applicando all' orifizio di esso tubo un diaframma (*fig.* 5) destinato a ricevere un tubo di cuoio. Questo diaframma è di figura elittica, conforme l' orifizio che dee chiudere. È anche formato a cono nel lato della sua grossezza egualmente che gli orli di detto orifizio, che sono tagliati nell' istessa maniera, corrispondendo la parte più larga coll' interna. Da questa particolare disposizione risulta che si può introdurre il diaframma in discorso dal di fuori al di dentro, facendolo entrare in modo che il piccol asse della sua elissi corrisponda col grand' asse dell' apertura; poscia gli si fa eseguire un quarto di giro, si ritira a se, ed è applicato giusto ed unito contro la sua faccia posteriore quanto più la pressione dell' acqua è considerabile.

(*a*) *Philosophical Magazine*, *Agosto* 1801, *e Biblioteca Britannica*, t. 18

730. Allorchè dunque si è adattato il serbatoio d' aria, e il diaframma avente il tubo di cuoio, l'apparecchio è immediatamente convertito in una tromba d' incendio. Quando si vuole servirsene come tromba semplice aspirante, si sopprimono queste due parti, rendutesi inutili in tal caso.

731. Oltre il vantaggio di poter giovarsi a suo piacimento di questa tromba per vuotare la carena, o per estinguere un incendio, ha quello di poter essere impiegata in vari altri usi utilissimi a bordo, come per lavare i ponti e i fianchi della nave, e bagnar le vele in tempo di bonaccia.

732. L' uso della tromba del Sig. *Buchanan* è non solamente vantaggioso nei vascelli, ma viene questa impiegata eziandio con profitto in molti altri casi, e specialmente quando l' acqua da estrarre è mescolata di sabbia o d' altri corpi perniciosi al giuoco delle trombe comuni, come nella fabbricazione dell' allume e del sapone, nelle miniere, nelle cave dei marmi o macigni, e nel vuotamento dell' acqua dalle ture; e la proprietà che nutre di poter vibrare l' acqua conforme le trombe d' incendio, può essere di utilità nei giardini, nei prati sui quali si stendono le tele per imbiancarle, ed in parecchie manifatture.

733. Il sig. *Buchanan* ha fatte molte sperienze per conoscere qual è il mezzo più vantaggioso d' applicare la forza degli uomini ad una tromba, e si è convinto che nei quattro modi appresso, il raporto del loro vantaggio relativo, è dichiarato dai numeri seguenti.

L' azione comune di attigner l' acqua colla tromba dal basso in alto 290,33
L' azione di girare una manovella 476
L' azione di suonare una campana 648
L' azione di remigare. 682,33

Egli pretende che la meno efficace di queste diverse applicazioni dell' umana forza, sia quella che stanca più presto l' individuo, e la più energica, quella che può esercitarlo più lungamente.

734. La tromba del sig. *Buchanan* è ottima sopra tutto a bordo dei bastimenti destinati ad essere caricati di grano, o di caffè; poichè se per disgrazia cadessero dei turbini nelle trombe, ne impedirebbero affatto il giuoco, e porrebbero la nave nel massimo pericolo.

LIBRO QUARTO

DELLE MACCHINE PER ESTRARRE L' ACQUA DALLE MINIERE

735. Uno dei più importanti oggetti nell' impresa delle miniere, è l' arte di divertir le acque, di estrarle col mezzo di macchine, od in altra guisa, affine di mantenere asciutti e praticabili i lavori.

736. Le gallerie di scolo sono il miglior mezzo per liberarsi dalle acque sotterranee, quando queste gallerie non sono eccessivamente costose. Ma siccome gli scavi d' ordinario si approfondiscono progressivamente, e sovente la situazione delle montagne non è atta a questi fori, è forza servirsi delle macchine idrauliche, mediante le quali s' innalzano le acque all' altezza delle gallerie di scolo già stabilite.

Il divisamento di questo libro è di far conoscere questo genere di macchine. È diviso in quattro capitoli, il primo de' quali descrive il sistema delle trombe impiegate nelle miniere. e gli altri contengono le applicazioni di vari motori a dette macchine.

CAPITOLO PRIMO

Sistema di trombe impiegate nelle miniere.

OSSERVAZIONI PRELIMINARI.

737. Quando il pozzo di una miniera non è arrivato ancora ad una grande profondità, si estraggono le acque o coi secchi, o con sacchi di cuoio, o colle trombe a forza d' uomini. Ma allorchè il pozzo diventa più profondo, si fa uso di un baritello (*a*), col quale si estrae alternativamente le acque ed i *minerali*. Nondimeno, quando la quantità del fluido e la profondità del pozzo aumentano, questo mezzo si rende insufficiente, ed allora si sostituiscono le trombe ai secchi, od ai sacchi di cuoio, che il baritello faceva agire, e le suddette trombe mosse per mano d' uomini,

(*a*) Il *baritello* è una macchina destinata a porre in moto due grandi botti per estrarre l' acqua od il minerale, (esso è a foggia di uno scheletro di legno in forma di botte, su cui s' avvolge il canapo, vedi tav. 16. fig. 1.)

servono sintanto che una macchina più potente divenga necessaria.

738. Le trombe impiegate in simili casi sono aspiranti, i loro stantuffi sono di legno guerniti di cuoio. Le strisce di cuoio che circondano la camera della tromba eccedono di alcuni pollici la sua superficie superiore, e formano una specie di serbatoio, le cui pareti flessibili si dilatano quando lo stantuffo sale caricato di una colonna d' acqua, e per questa dilatazione toccano immediatamente le pareti della camera della tromba, ed impediscono ogni passaggio all' aria, ed all' acqua fra la camera della tromba, e lo stantuffo.

739. Allorchè la profondità del pozzo oltrepassa 20 piedi, si divide la sua altezza in molti piani di venti piedi l' uno, si stabiliscono tante trombe l' una sopra l' altra quanti piani vi sono. Fra una tromba e la susseguente è collocata una tinozza o serbatoio, in cui la tromba più bassa versa l' acqua che ha innalzata, e quella che viene appresso l' esaurisce innalzandola in un altro serbatoio, e così successivamente.

740. Nelle miniere profonde ove ha molt' acqua, l' estrazione a forza d' uomini diverrebbe impraticabile, e costerebbe troppo. Gli antichi, i quali non impiegavano se non se questa specie di motore, e che non sapevano trar profitto dagli agenti vigorosissimi cui la natura ha posto a disposizione dell' uomo, onde supplire alla individuale sua debolezza, sono stati costretti per quest' unico motivo ad abbandonare ragguardevoli imprese anche quando sembravano promettere i maggiori prodotti.

741. Le gallerie di scolo che vengono stabilite a diverse profondità, forando i fianchi delle montagne, sono senza contradizione il miglior espediente per liberarsi dalle acque sotterranee; mercè di loro si ottiene un' effusione sicura, ed immediata sinchè i lavori sieno stati spinti al di sotto del livello della loro imboccatura. Ma, siccome col tempo essi lavori deggiono necessariamente guadagnare in profondità, si è obbligato perciò a scavare nuove gallerie di scolo, la formazione delle quali apporta sovente enormi spese, che sforzano ad abbandonare questo modo dispendioso per ricorrere agli esaurimenti col mezzo delle macchine a maneggio, a rnote idrauliche, a colonna d' acqua, a compressione d' aria, o finalmente a vapore. Queste cinque sorte di macchine non sono diverse fra loro che per il motore e conseguentemente per la forma del ricevitore, che riceve immediatamente l' azione dal motore; ma tutti i motori agiscono su di un sistema di trombe aspiranti soprapposte le une alle altre in diversi piani, ovvero pongono in moto una macchina a carrucole per estrarre il minerale. Noi esamineremo in primo luogo un sistema di trombe separatamente, dichiarando poscia i vari metodi di combinare o il sistema delle trombe, o la macchina a carrucole con i ricevitori sovra espressi.

DESCRIZIONE DI UN SISTEMA DI TROMBE ASPIRANTI

742. Una tromba aspirante semplice è composta generalmente. 1. di una camera di tromba, 2. d' un tubo d' aspirazione, 3. d' un tubo superiore o sfogatore, 4. d' una valvola situata nella parte ove si congiungono la camera della tromba, ed il tubo d' aspirazione, 5. d' uno stantuffo a valvola, 6. del gambo dello stantuffo.

743. Nella scelta dei materiali che compongono tutte queste parti, si è dovuto conciliare la solidità coll' economia. Nella disposizione di esse parti è convenuto aver riguardo alla regolarità del moto, alla diminuzione degli attriti, alla stabilità dell' apparecchio, ed alla verticalità delle trazioni.

744. È stato d' uopo agevolare i ristauri senza nuocere al servizio, e scegliere specialmente l' apparecchio meno voluminoso che fosse possibile, a cagione dell' enormità delle spese, cui esigerebbe la costruzione del pozzo, ove l' aparecchio deve essere stabilito se le dimensioni fossero troppo grandi.

745. Un sistema di trombe nelle miniere è (conforme abbiamo asserito precedentemente) composto di molte trombe disposte in più piani.

La prima tromba collocata in fondo al pozzo, ha la sua estremità inferiore immersa in un serbatoio scavato nel masso, o fatto con tavoloni, nel quale serbatoio concorrono tutte le acque dei passaggi, e delle gallerie, che vanno verso questa parte. Ma poichè le acque conducono delle immondezze che potrebbero otturare le trombe se pervenissero ad introdurvisi, bisogna adattare al tubo d' aspirazione una lastra di ferro forata con un gran numero di piccoli buchi a modo d' un innaffiatoio comune. Nelle altre trombe, il tubo d' aspirazione tuffa in una cassa convenevolmente calafatata, ove la tromba inferiore scarica la propria acqua per darla all' altra. Importa essenzialmente che vengano prese le debite precauzioni perchè non cada nulla nel serbatoio, nelle casse, e nei tubi delle trombe.

TUBI E CAMERE DI TROMBA

746. I tubi d' aspirazione entrano da due piedi nell' acqua. Si preferisce ordinariamente per queste sorta di tubi, il legno di *larice* come di una natura resinosa che si conserva benissimo nell' acqua. Per renderli più solidi, si armano di cerchi di ferro, e si possono allungare adattandovi un tubo d' aggiunta, d' un diametro più grande nella sua imboccatura onde potere entrare nell' altro; turandone esattamente le

giuntnre colla stoppa, ed intonacandole coll'argilla per impedire l' ingresso all' aria.

747. La camera della tromba, cioè la parte cui lo stantuffo percorre salendo e scendendo, può essere fatta di legno, di ferro, o di bronzo. Le camere di legno durano poco, e bisogna cambiarle spesso. Quelle di ferro sono corrose dalle acque vitrioliche; pertanto quelle di bronzo sono le migliori, benchè più care; la loro durata è lunga, e quando sono danneggiate si rifondono.

748. Il corpo dei sistemi delle trombe mosse dalle macchine a colonna d' acqua hanno l' alzata, cioè la lunghezza del corso, tanto nel salire che nello scendere, comunemente di sei piedi, ed otto piedi d' altezza; ognuno di essi ha un orlo con quattro maschi sporgenti in fuori come alla *fig.* 3. *tav.* 27, fusi col tubo stesso che servono a fermarlo. La loro unione col tubo d' aspirazione succede mediante il pezzo di legno *g*, *fig.* 2. *tav.* 27. il quale è scavato in guisa che il cilindro può essere incastrato al di sopra, e il tubo d' aspirazione al di sotto. Questo pezzo è guernito di tre o quattro cerchi di ferro bene stretti; ed affinchè non entri l' aria, e l' acqua non possa uscire, si cacciano nella parte superiore dei conii di ferro che producono un' unione più immediata col cilindro, corredandoli di stoppa, che si fa entrare a colpi di martello.

749. La tromba è fissata nel pozzo per mezzo degli ascialloni *k*, che abbracciano strettamente il tubo, e sono stretti da cerchi di ferro a chiavette.

750. Le altre trombe impiegate nelle miniere hanno talvolta 60 o 100 piedi di altezza. Il tubo aspiratore di esse, la loro camera di tromba, il tubo sagliente sono sovrapposti in linea retta: cioè, gli assi di tutte queste parti corrispondono in una medesima linea verticale.

751. I tubi aspiratori e saglienti sono di legno, composti di molti pezzi imboccati gli uni negli altri, lunghi sei piedi, armati di un numero più o meno grande di cerchi di ferro, secondo i casi; onde la colonna dell' acqua contenuta da essi non possa farli crepare.

752. Allorchè si debbono stabilire dei sistemi di trombe nei pozzi d' una miniera, e che la quantità dell' acqua da estrarre è considerabile, è meglio servirsi di un solo sistema di trombe d' un gran diametro, piuttosto che molti piccoli, sempre che la forza motrice sia sufficente. Lo stabilimento di molti piccoli sistemi costa più che quello d' un grande, occorre più spazio nei pozzi, la manutenzione è più dispendiosa, e le resistenze sono maggiori a cagione del più gran numero dei gambi e dei tiranti che accrescono il peso e l' attrito.

753. In tutti i casi, conviene che i cilindri, e principalmente le camere della tromba sieno forate colla maggiore esattezza, e ben levigate

per diminuire quanto è possibile gli attriti dello stantuffo. La camera della tromba deve essere proporzionata in modo che lo stantuffo nella sua discesa s' accosti assai d' appresso alla valvola, senza però toccarla, giacchè le apporterebbe nocumento coll' urto: fa d' uopo che non rimanga nè aria, nè acqua fra l' uno e l' altro (56).

STANTUFFI

754. Gli stantuffi impiegati nelle miniere sono di legno, o di bronzo. I primi di minor prezzo sono più in uso, in ispecie pei pozzi obbliqui, ove gli stantuffi si consumano grandemente ed hanno bisogno di essere spesso rinnovati.

La *tav.* 16. *fig.* 10. addimostra uno di questi stantuffi, che ha il difetto di ristringer troppo il passaggio dell' acqua, obbligandola ad acquistare molta velocità, onde superare tal passaggio, per cui carica altrettanto la potenza quando scende lo stantuffo. È bene osservare tutta via che siccome questa potenza dipende segnatamente dal peso dell' apparecchio dello stantuffo caricato esso medesimo d' una colonna d' acqua altissima, ed assai grave, la forza motrice che pone in moto il sistema delle trombe non ne prova che un lieve pregiudizio, laddove i cuoi e la valvola si consumano prestissimo, e quando il cilindro è di legno, può crepare, e qualche volta ancora i gambi si rompono. Perciò, sotto cotesto rapporto sono preferibili gli stantuffi di bronzo, giacchè permettono di fare le aperture più ampie.

755. Se lo stantuffo entra con troppa difficoltà nella camera della tromba, intercetterà certamente vie meglio il passaggio dell' aria e dell' acqua fra le sue pareti e quelle della tromba; ma d' altro canto gli attriti diverranno eccessivi. Se all' opposto entra con troppa facilità n' uscirà dell' aria, e dell' acqua; ciò che è dannosissimo al giuoco della macchina. Bisogna dunque evitare gli estremi, e prendere un termine medio adottato dall' esperienza. Nelle trombe comuni delle miniere, si assegna d' ordinario al più gran diametro dello stantuffo fornito di tutti i suoi cuoi, due linee di più di quello che il diametro interno della camera della tromba. Nei grossi cilindri, si accresce di tre o quattro linee, e nelle altre trombe finalmente, si danno loro cinque o sei linee di più che il diametro del cilindro, ed allora il forte dello stantuffo si forma di un pollice più stretto, acciocchè non istrofini mai contro il cilindro.

VALVOLE

756. Le valvole praticate nelle miniere sono ordinariamente costrutte

coll' unione di due grossi cuoi cuciti insieme, guerniti di due piatti di metallo stretti da una vite; se non che il cuoio da un canto sporge un poco in fuori, il che forma una coda per poterla inchiodare sull' orifizio del tubo d' aspirazione. Fa d' uopo che la valvola copri perfettamente detto orifizio, che vi sia bene aggiustata, e che si chiuda con prontezza. Le valvole di metallo a conchiglie non sono troppo servibili nelle miniere, perchè, siccome l' acqua non vi è mai chiara, ma piena di lordure, di sabbia, e di pietruzze, il deposito che si crea su gli orli dell' orifizio impedisce che la valvola si chiuda esattamente, dove il cuoio che si lascia penetrare con facilità, si adatta malgrado ciò assai bene sull' orifizio in forza della gran pressione che la valvola riceve.

TIRANTI E GAMBI DI UN SISTEMA DI TROMBE
(*tav.* 27. *fig.* 4.)

757, Qualora siamo costretti a collocare in un pozzo molte trombe che sboccano le une nelle altre, è necessario impiegare lunghi tiranti uniti insieme, che scendino nel pozzo sino all' ultima tromba per potervi adattare i gambi. Questi tiranti consistono in travicelli lunghi 20 piedi, grossi quattro pollici, e larghi cinque, i quali sono commessi fra loro a saetta, cioè ad incavature, come vedesi in A *fig.* 4. *tav.* 27, fermati, e stretti con cerchi obbliqui *m m*, che generano una spezie di cingolo intorno alla commessura. Ogni cerchio è sostenuto nell' obbliqua sua posizione da due ramponi innestati nel legno, essendo da conii cacciati a forza nel loro intervallo, obbligate tutte le parti della commessura ad unirsi perfettamente.

758. A misura che si discende nel pozzo, si fanno i tiranti inferiori meno grossi per diminuire il peso quanto mai si può.

759. Conviene che questi tiranti agiscono sempre nella medesima direzione, e che conservino costantemente la loro verticalità. A tale effetto sono circondati da una distanza all' altra da ascialloni che servono loro d' incastro. Detti ascialloni sono corredati dei rulli *n n* posti al di sopra dell' apertura attraversata dal tirante per minorare gli attriti.

760. I tiranti sarebbero esposti a consumarsi presto nella parte ove strofinano contro i rulli, se non si pigliasse la precauzione di coprirli di listelle di faggio in *o o*, le quali hanno tre quarti di pollice di grossezza; sono fermate con chiodi e ramponi, e si cambiano quando sono logore.

761. Accade talora che un tirante si rompe; per evitare che il pezzo rotto non cada nel pozzo, e non cagioni molto danno, sono trattenuti ad ogni tanto dalle catene *r r* assoggettate agli ascialloni delle

trombe; questa dispozione perviene gli accidenti che sarebbero la conseguenza della loro caduta.

762. Vi sono in molti sistemi di trombe due ordini di tiranti. l' uno dei quali si alza mentre l' altro si abbassa, in questo caso, pel loro equilibrio reciproco, sgravano la potenza motrice del loro peso. Quando gli stantuffi di tutte le trombe che compongouo il sistema sono adattate ad un solo ordine di tiranti, allora per far contrappeso, si adatta siffatto apparecchio ad un bilancere armato di un settore, sospendendolo mediante una robustissima catena che si ripiega sul settore stesso; all' altra estremità del bilancere si accomoda una cassa piena di sassi, o di ferro vecchio, il cui oggetto è di contrappesare l' apparecchio, affinchè la potenza non debba vincere che la resistenza dell' acqua da innalzare, e gli attriti della macchina, e non sia obbligata a consumare una parte della propria forza per superare la gravità di sì enorme peso, il quale è equivalente a quindici o venti migliaia, quando i pozzi sono profondissimi.

763. I tiranti sono di quercia o di abete, la prima sorta di legno dura più lungamente, l' altra ha meno peso.

Spesse fiate i pozzi dove si stabiliscono i sistemi delle trombe sono obbliqui e seguono il pendìo delle vene metalliche; allora le trombe e i loro tiranti hanno un' inclinazione eguale a quella dei pozzi ove si trovano. In simili casi è necessario sostenere i tiranti con molte traverse corredate di rulli per diminuire gli attriti.

764. La *fig.* 5. *tav.* 27 rappresenta una forte staffa di ferro aggiustata alla parte superiore di un tirante. A questa parte guernita di cinque cavicchie si adatta la catena di sospensione.

765. L' orifizio di un tirante è di reggere, e porre in moto i gambi delle trombe. Questi gambi fatti di legno d' abete hanno tre pollici di quadratura in cima, e due pollici in fondo. La loro lunghezza è comunemente di piedi 24. Nelle altre trombe si congiungono insieme molti capi di essi nella maniera dichiarata pei tiranti.

766. Noi abbiamo detto al N. 158, che gli stantuffi impiegati nelle miniere avevano nella parte superiore una forca o staffa di ferro come si scorge dalle *fig.* 8, e 16. *tav.* 10, che rappresentano uno di questi stantuffi. L' oggetto di questa forca o staffa è di unire lo stantuffo al suo gambo. Il gambo ha in sulla cima una staffa quasi simile, ma più forte. L' occhio che termina la suddetta staffa in alto vedi *fig.* 5, *tav.* 27, entra nel braccio *r* della squadra di ferro *s s* fig. 6 annessa al tirante.

767. Questa squadra (fig. 6) è composta di un regolo di ferro verticale lungo un piede e mezzo, dal cui centro esce ad angolo retto la chiavarda *r* lunga sei od otto pollici, e sostenuta dai due pezzi obbliqui *l l*,

che le servono d' appoggio in modo opposto. La squadra è fermata nel tirante col mezzo di cerchii di ferro, e di cavicchie a vite. La chiavarda ha nella sua estremità una chiavetta che rattiene il gambo, e fa sì che non si stacchi.

PRECAUZIONI UTILI NEGLI ESAURIMENTI DELLE MINIERE

768. È necessario particolarmente evitare un doppio uso di forza motrice impiegata o in far salire l' acqua più alto del bisogno, o ad innalzar quella che per mancanza di precauzione si sarà lasciata cadere dai luoghi elevati nei fondi più bassi. Si dee porre ogni studio a raccogliere diligentemente tutta l' acqua delle gellerie e dei passaggi superiori, e condurla nei serbatoi, o casse del sistema delle trombe, che sono poste alla medesima altezza, senza permettere che alcuna parte di quest' acqua scorra più in giù.

769. Dalle cose esposte risulta, che le trombe superiori dovendo elevare non solamente la massa dell' acqua cui le trombe inferiori hanno loro trasmessa, ma eziandio quella proveniente dagli scoli che mettono ne' loro serbatoi, fa d' uopo che queste trombe abbiano un diametro più ampio.

770. Per la medesima ragione conviene che le casse superiori sieno più grandi. Generalmente si preferisce di dare a dette casse più profondità che larghezza, onde il fondo delle trombe tuffi bene nell' acqua cosicchè l' aria non possa introdurvisi.

771. Allorchè si vuol cambiare il cuoio degli stantuffi delle basse trombe, cioè di quelle che non hanno se non venti o ventiquattro piedi, si distacca prima il gambo, facendolo uscire dalla tromba, e quindi lo stantuffo, operazione che si pratica agevolmente levando le cavicchie della staffa. Nelle trombe aventi un' altezza ragguardevole al di sopra della camera della tromba, bisogna estrarre lo stantuffo in altra maniera. Si apre il tubo d' aspirazione, il che si eseguisce con facilità, togliendo gli ascialloni che lo sostengono. Si spigne allora lo stantuffo col suo gambo, insino a che corrisponda in quest' apertura; poscia si distacca, rimettendone un altro, e si pone tutto al suo sito dopo avere visitata la valvola d' aspirazione.

Ed è cosa indispensabile d' avere in magazzeno un gran numero di pezzi di ricambio sempre pronti, per potere rimediare ad un tratto ai disordini che possono accadere; poichè un' interruzione troppo lunga nel lavoro dell' esaurimento d' una miniera, potrebbe cagionare gravi danni.

772. Le trombe aspiranti e prementi non sono impiegate nelle miniere fuori che nei pozzi, i quali non si approfondiscono più, e dove non scende alcun acqua dai passaggi superiori, ovvero quando l'acqua di questi passaggi è alzata separatamente da altre trombe. In simili casi, esse sono preferibili alle trombe aspiranti, perciocchè risparmiano il gravissimo apparecchio che richieggono queste ultime, e per conseguenza avendo meno resistenze passive da vincere basta loro una forza motrice minore. Si potrebbero ottenere gli stessi vantaggi dalle trombe semplicemente prementi, se non vi fosse l'inconveniente del cambiamento de' cuoi ne' serbatoi così profondi.

TROMBE IMPIEGATE A FREYBERG.

773. Abbiamo estratto dall'importante opera del sig. Daubuisson sulle miniere di Freyberg alcune particolarità intorno alla costruzione e disposizione delle trombe ivi impiegate.

774. Queste trombe sono aspiranti, ed hanno trenta piedi circa d'altezza dal livello dell'acqua in cui s'immerge il tubo d'aspirazione sino al tubo che versa l'acqua innalzata. Lo stantuffo ha da sette sino a tredici pollici di diametro.

775. La camera della tromba è un cilindro vuoto di ferro fuso, lungo tre piedi, e grosso circa otto linee. Questo cilindro metallico è collocato fra due cilindri di legno; il loro diametro interno è uguale a quello della camera della tromba, ciascuna delle quali estremità entra da sei pollici nei suddetti cilindri. Al cilindro superiore è adattata una doccia, o tubo, pel quale corre l'acqua innalzata sull'inferiore; nell'unione del tubo d'aspirazione è posta una valvola a cerniera, dove un cocchiume che apresi, presenta la facilità di ristaurare questa valvola senza disfare la macchina.

776. Il tubo d'aspirazione è ordinariamente composto di tre tubi uniti capo a capo, e calafatati nella giuntura, i quali hanno comunemente da sette in otto pollici di diametro esterno, e quattro all'incirca nell'interno (per le trombe, il cui stantuffo ha un diametro di dieci o dodici pollici); l'estremità inferiore dell'ultimo tubo mette capo in una cassa, nella quale un'altra tromba più bassa versa l'acqua che ha innalzata. Questa cassa riposa in un incavo praticato nel muro del filone, ove è sostenuta col mezzo di stragli, o puntelli.

777. Lo stantuffo è un pezzo di legno di figura quasi cilindrica, alto quattro pollici e mezzo, e di un diametro proporzionato alla grossezza della tromba. Nel mezzo è forato da un buco di circa un pollice quadrato, e tutto all'intorno da sei od otto buchi di un pollice e tre

quarti di diametro; verso la cima è fissata una corona di cuoio avente due pollici di altezza, e quattro o cinque linee di grossezza; è fatta di molti cuoi cuciti insieme, e che strofina contro la parete della camera della tromba. Sulla base superiore dello stantuffo, si colloca una rotella di cuoio flessibile, ma grossa, la quale è forata con un buco che corrisponde in quello del centro, ove entra un gambo di ferro quadrato, la cui estremità è tagliata a vite la quale ascondesi nella chiocciola. All'altra estremità, fatta a modo di forca, si adatta un altro gambo di legno, di due pollici e un sesto di diametro, e alto quattro o cinque piedi. L'estremità superiore del suddetto gambo più grossa, è forata da un buco che imbocca in un braccio di ferro fissato nel *tirante* col mezzo di tre viti.

778. Le trombe sono sostenute principalmente da stragli che passano sotto il cilindro superiore di legno, le punte dei quali entrano nei buchi od incavi fatti nel masso. Alcuni altri pezzi di legno posti fra i cilindri e le pareti del pozzo, servono a tenerle assoggettate nella posizione in che sono state collocate.

779. Una tromba costrutta e stabilita in cotal modo, costava, secondo il sig. *Daubuisson*, cento o cento venti lire.

780. Il tirante è composto di una fila di travicelli di legno quadrati, aventi ciascuno venti o trenta piedi di lunghezza, e quattro o cinque pollici di riquadratura. Essi sono uniti capo a capo, e la giuntura è coperta da due pezzi di legno, nei quali sonosi praticate delle incavature corrispondenti verso l'estremità dei travicelli, stretto il tutto fortemente con cerchi e cavicchie di ferro. Anticamente si congiungevano i pezzi del tirante, situando l'estremità superiore dell'uno sull'estremità inferiore di quello che era immediatamente al di sopra, ma allora l'asse di questi diversi pezzi non essendo in linea retta, le parti erano meno solide.

781. I tiranti che scendono nei pozzi hanno un moto alternativo rettilineo, ed in questo sdrucciolano sopra rulli di legno duro circondati di ferro, si dà loro un diametro tale da fare un giro intero, mentre si alza o si abbassa il tirante, la parte del quale scorrente sui rulli è foderata di una tavoletta di carpino che si cambia quando è logora. Perchè i tiranti non vadano a dritta o a sinistra si fanno passare tratto tratto fra due stragli; ed affinchè l'attrito sia scemato per quanto è possibile, si attaccano a questi stragli due piccoli rulli verticali, fra cui sdrucciola il tirante. Il suddetto tirante è ancora attraversato di tanto in tanto da una cavicchia che sarebbe trattenuta dagli stragli, nel caso che qualche pezzo venisse a rompersi, o a distaccarsi; con ciò s'impedisce al

tirante di cadere in fondo al pozzo, e di spezzare, o danneggiare nella sua caduta qualche parte della macchina.

782. Ogni macchina ha due tiranti, in ciascuno dei quali corrisponde una serie di trombe collocate immediatamente l'una sotto l'altra; dalla galleria di scolo sino al fondo della miniera, ognuna trasmette a quella che è di sopra l'acqua che l'è stata recata da quella di sotto. Quando le acque da estrarre sono copiose, tutte agiscono nello stesso tempo, ed allorchè lo sono meno, basta attaccare ad uno dei tiranti le trombe dispari, cioè la prima, la terza, la quinta ec. ed all'altro tirante quelle del numero pari, come la seconda, la quarta, e la sesta, così il fluido elevato da questa passa all'altro tirante, che è elevato dalla quarta.

783. Se la profondità, da dove si vuole innalzar l'acqua, è di piedi 600, s'impiegherebbero 20 trombe, 10 per parte. Il sig. *Daubuisson* asserisce che un simile apparecchio potrebbe costare, senza comprendervi le spese straordinarie, 4 o 5 mila franchi, supponendo che il diametro degli stantuffi sia 9 pollici, la potenza che si applicherebbe a questo apparecchio dovrebbe superare; 1. il peso d'una colonna d'acqua di libbre 18,500; 2. il peso dei tiranti che il sig. *Daubuisson* valuta a 15,000 libbre; 3. quello degli stantuffi che è di libbre 800; 4. le resistenze passive, il cui valore non è facile a determinare. Questa enorme resistenza può essere vinta o da una macchina a vapore, o da una gran ruota idraulica; a *Freyberg* si pratica quest'ultimo metodo.

CAPITOLO II.

Macchine a carrucole, e sistema di trombe mosse dai cavalli.

784. L'acqua è di tutti i motori quello che è più usato nelle miniere; ma vi sono dei casi in cui questo motore esige operazioni preparatorie troppo dispendiose, ed anche dei casi dove è impossibile di procurarselo; cotesti casi avvengono, per esempio, quando i pozzi sono sulla cima delle montagne.

Allora fa d'uopo ricorrere alle macchine a vapore, ovvero ai cavalli. Le macchine a vapore sono da preferirsi pel triplice rapporto della loro energia, della costanza del loro moto, e dell'economia, perchè questi preziosi vantaggi non sieno distrutti o per la rarità del combustibile, o per la spesa troppo considerabile del loro stabilimento, rispettivamente all'importanza, o alla durata dell'operazione, a cui si

applicano le suddette macchine. Se queste ultime circostanze sussistono, bisogna necessariamente ricorrere alle macchine a maneggio, cioè a quelle mosse dai cavalli.

785. Le macchine a maneggio hanno due oggetti, gli esaurimenti dell'acqua, e l'estrazione del minerale. Quando servono al primo oggetto, agiscono sopra un sistema di trombe disposto conforme quello che abbiamo ampiamente descritto nel precedente libro; ora non ci occuperemo qui che delle parti di quelle macchine destinate a comunicare il moto al sistema di trombe dichiarato.

786. La porzione del meccanismo che dobbiamo descrivere, è comunemente raccolta sotto una *tettoia* di legname. In mezzo a questa tettoia s'innalza verticalmente l'albero del maneggio che regge le stanghe alle quali debbono essere attaccati i cavalli, ed una gran ruota orizzontale dentata in testa che ingrana in una ruota a fuselli, il cui asse prolungato, sostiene delle manovelle curve, che agiscono ordinariamente sopra due tiranti orizzontali destinati a trasmettere il moto ai tiranti verticali del pozzo, coll'intermedio di bilanceri angolari armati di settori, sui quali si volgono, ed avvolgono alternativamente le catene di sospensione.

787. L'albero ha comunemente 30 o 36 piedi di lunghezza, intorno a cui sono disposte le stanghe alle quali si attaccano i cavalli nel modo dimostrato dalla fig. 6 tav. 27. La ruota dentata *b b* è adattata alle leve stesse, congiunte col mezzo di traverse orizzontali, puntellate in cima ed abbasso come rimane dimostrato dalla figura.

788. Il cardine inferiore dell'albero giace in una cavità praticata in un grosso masso di pietra dura, laddove il superiore è trattenuto da un grosso anello di metallo.

789. Siffatto maneggio è disposto in guisa da potervi attaccare otto cavalli, i cui bilancini sono appesi all'estremità dei bracci o stanghe *a, a* ec.

790. Il diametro della ruota dentata in testa è di 36 piedi, e i denti in numero di 264 sono lontani 5 pollici circa dal centro dell'uno all'altro. Dobbiamo notare che questi denti sono disposti sopra due circonferenze concentriche alternativamente sulla prima e sulla seconda. Cotesta disposizione ha per oggetto d'impedire che i fusi della lanterna non si consumino troppo presto. Si assegna comunemente alla lanterna 9 piedi di diametro, e 66 fusi.

791. La lanterna è composta di due gavoli di quercia *i i*, grossi 4 pollici, e larghi 8, ognuno de' quali è trattenuto da quattro bracci incrociati, che circondano l'albero, ed in cui sono fissati. I suddetti gavoli o piani della lanterna sono lontani l'uno dall'altro 14 o 15 pollici; i

fusi sono comunemente di quercia, e i denti della ruota dentata in testa di faggio, o di sorbo (*).

792. La manovella doppia x annessa alla lanterna, fa muovere i tiranti orizzontali $p\,p$, e questi traggono e spingono alternativamente i bilanceri angolari m, m ai quali sono appiccati i tiranti verticali $q\,q$.

793. La manovella doppia è costosa, di una esecuzione difficile, e soggetta a guastarsi, per cui si è conosciuto più conveniente farla di bronzo, piuttosto che di ferro fuso.

794. La lanterna e le parti unite sono poste in un incavo a foggia di cono troncato, ed incamisciato di mattoni.

795. Importa sommamente che la ruota dentata sia in una posizione affatto orizzontale, che tutte le parti della macchina rimangono solidamente stabilite, e non possano disestarsi; e di più che tutti i pezzi sottoposti agli attriti sieno ben levigati, ed unti con diligenza.

TROMBE MOSSE COL MEZZO DI CAVALLI, STABILITE A *CHATELAUDREN*, (*tav.* 21. *fig.* 2) (*a*)

796. BB rappresenta il maneggio al quale è adattata la chiavarda A, che comunica al tirante orizzontale c un moto di va e viene. Questo moto è trasmesso al bilancere D che alza ed abbassa il gambo dello stantuffo di una tromba. Per agevolare ed eguagliare il moto, non avendo che un solo tirante di tromba da far agire, si adatta al braccio del bilancere opposto a quello a cui è sospeso questo tirante, una cassa piena di materie gravi per fare l'opportuno contrappeso; ma si può sopprimere essa cassa come ha praticato il sig. *Blavon*, sostituendovi un altro apparecchio di trombe disposto in guisa che gli stantuffi di queste scendino quando salgono quelli delle prime.

797. La macchina di Châtelaudren aveva quattro frecce, ciascuna lunga sedici piedi, una sola croce, o bilancere, tre assortimenti di trombe lunghe trenta piedi l'una, e del diametro di dieci pollici. La chiavarda era trenta pollici lontana dal perno; il tirante orizzontale aveva trentuno piede di lunghezza. Il bilancere D, che comunicava il moto

(*) Allorchè, siccome accade in questa macchina, la lanterna soffre un moto violente con grande sforzo, è meglio fare i fusi di ferro, bene levigati; così non viene mai interrotto il lavoro conforme accade sovente coi fusi di legno, per la rottura di alcuno di essi.

(*a*) *Giornale delle miniere*, tom. 1. quaderno 8.

del tirante orizzontale allo stantuffo delle trombe, era privo del segmento di cerchio, o settore che avrebbe annullata l'oscillazione dello stantuffo principalmente nelle prime trombe. Questa macchina era mossa da quattro cavalli.

798. Fa d' uopo osservare che in questa macchina l' effetto del motore è molto variabile, poichè gli angoli che formano le leve BB, alle quali sono applicati i cavalli col tirante *c*, variano continuamente in tutte le posizioni relative ove si trovano, per modo che quando l'angolo è retto, l'effetto esercitato è il maggiore che possa darsi: di poi diminuisce progressivamente, e diventa nullo allorchè l'angolo è uguale a zero, cioè, quando una delle leve ed il tirante si trovano in uno stesso piano verticale. Siffatto inconveniente sarebbe grandissimo se si attaccasse un solo cavallo a questa macchina, perciocchè allora converrebbe necessariamente o cambiar la disposizione della medesima, o adattarvi una volanda, alla quale si darebbe una velocità bastante col mezzo d'una ingranatura. L'inconveniente si rende meno sensibile applicandovi molti cavalli. Volendo farne agire due, non bisogna attaccarli a due leve opposte, cioè, a due leve che siano sopra uno stesso diametro, ma a due leve che facciano angolo retto fra loro; così l'uno si troverà nel punto più vantaggioso, mentre l'altro sarà nel più sfavorevole, e *viceversa*.

Nel caso che si volesse impiegare una volanda, si potrà disporla conforme è dimostrato dalla fig. 3. Un legno rotondo *aa* sormonta le leve, ove riposa la ruota dentata *bb*, e delle forti cavicchie congiungono insieme tutte queste parti. La ruota *bb* ingrana nel rocchetto *c*, il quale è sormontato dalla volanda *dd*.

MACCHINA A CARRUCOLE.

799. Una macchina a carrucole non è altro che un gran verricello verticale a maneggio, armato d'un tamburo di ampio diametro, sul quale s'avvolgono, e svolgono nel medesimo tempo delle corde. Queste corde passano sopra grandi pulegge di rimando che regolano la loro direzione, e scendono nel pozzo dove sostengono delle botti, l'una delle quali sale piena di minerale, od acqua, mentre l'altra scende vuota. Tutto questo apparecchio è collocato sotto una tettoia la quale ordinariamente è di figura conica.

800. L'albero verticale della macchina che serve di verricello è di quercia tagliato in esagono, il cui piede ha 28 pollici di diametro, ed è tondeggiato intorno a due piedi d'altezza. Al di sopra di questa parte cilindrica, il suddetto albero ha soltanto 18 pollici di diametro, e diminuisce

continuando sino a 13 pollici. È lungo da 22 sino a 24 piedi. È dirizzato a piombo come il suo perno a foggia di cono a rovescio, guernito in fondo d'una spezie d'anello, che riceve immediatamente l'attrito, e può essere cambiato con facilità quando è logoro. Questo perno gira sopra una base o sia lucerna di pietra dura.

801. Il tamburo è concentrico all'albero che lo regge. Ha comunemente 18 o 20 piedi di diametro, ed 11 piedi d'altezza. Consiste in tre ruote parallele poste ad uguale distanza l'una sopra l'altra, e tale apparecchio è guernito di regoli paralleli poco discosti l'uno dall'altro. Questo tamburo deve avere una sufficente solidità, senza però che sia troppo pesante per non accrescere gli attriti.

802. Le corde circondano il tamburo, si ha la precauzione di avvolgere la sua circonferenza di una corda lunga 100 piedi circa di più della quantità che dee scendere nel pozzo, e ciò per rinforzare il tamburo con questa sorta di cintura, ed inoltre per poterne impiegare una porzione all'occorrenza di fare qualche taglio nella parte inferiore della corda.

803. Dal tamburo sino al pozzo si forma un'armatura di legname corredata di grossi rulli, e destinata a sostenere le due corde. All'altra estremità di siffatta armatura, cioè al disopra del pozzo vi sono due grandi *carrucole* armate di cerchi, e di fasciature di ferro, le quali hanno ordinariamente quattro o cinque piedi di diametro, sette pollici di grossezza, ed il canale della larghezza di cinque pollici.

804. Si attaccano quattro o sei cavalli a queste spezie di macchine. I cavalli fanno girare il verricello, e per conseguenza il tamburo; una delle corde che l'attorniano, s'avvolge ed innalza la botte che è appesa alla sua estremità, laddove l'altra svolgesi, e fa scendere vuota detta botte. Se il pozzo ha poco diametro, le botti salendo, e scendendo urtansi fra loro, e danno nelle pareti del pozzo; in simili casi si preferiscono i sacchi di cuoio che descriveremo; ma questi sacchi essendo meno durevoli delle botti, vengono impiegate quest'ultime nei pozzi aventi un diametro considerabile, e spezialmente in quelli dove le macchine a carrucole sono destinate ad estrarre il minerale, e l'acqua dalle miniere.

SACCHI DI CUOIO SOSTITUITI ALLE BOTTI.

805. I *secchi*, o le botti hanno molti inconvenienti, quelle primieramente del loro peso, che è ragguardevole per i ferramenti onde sono guerniti, poscia quello di cagionare colla loro caduta il guasto ed anche la rottura di qualche pezzo dell'armatura del pozzo, quando la

corda si rompe; finalmente quello di fermare i cavalli mentre si empiono e si vuotano.

806. A Chemnitz si è cercato di rimediare a ciò, servendosi di quattro sacchi composti ognuno di due pelli di bue, due dei quali sacchi sono sempre in viaggio, mentre l'uno vuotasi in cima al pozzo, e si empie l'altro d'abbasso. Per risparmiare i sacchi riempiendoli, gli operai hanno ordine di cominciare a porre in fondo al pozzo del minerale fino in piccoli pezzi e quindi del grosso. È da notarsi che non si potrebbero impiegare i sacchi di cuoio nei pozzi inclinati, perchè lo sfregamento li consumerebbe in poco tempo.

Per avere il comodo di caricare questi sacchi così facilmente come i secchi o le botti, si traggono da un canto del pozzo, ove sono fissate due catene, all'estremità di ciascuna delle quali è un arpione, e due anelli sono stabilmente attaccati agli orli del sacco; in questa maniera il sacco è aperto, ed anche appeso, e si empie frattanto che l'altro sacco sale.

807. Nella sommità del pozzo avvi una corda passata sopra una puleggia, e di poi sopra un verricello mosso da una piccola ruota, cui un uomo fa girare; al fine di questa corda sta un uncino di ferro; tosto che il sacco è salito, si passa l'uncino in un anello posto nella parte inferiore del suddetto sacco che fermasi sulla sponda del pozzo. Allora si stacca il sacco dalla corda della macchina a carrucole, adattandone uno vuoto; si fanno girare i cavalli dal lato opposto per far salire un altro sacco; in tale frattempo si porta l'imboccatura del sacco pieno in un carretto a quattro ruote, ed in questo momento un uomo applicato al verricello di sopra lo fa girare per alzar la parte infima di detto sacco, e vuotarlo comodamente nel carretto; siffatto lavoro compiesi speditamente (*a*), ed in 7 o 8 ore (tempo in cui gli stessi cavalli lavorano) innalzano 74 sacchi di minerale dalla profondità di 444 piedi. Se i pozzi sono più o meno profondi, il numero dei sacchi varia. La gran prestezza colla quale salgono questi sacchi deriva dal gran diametro di piedi 18 che hanno i tamburi della macchina a carrucole, laddove i bracci della leva sono lunghi piedi 22 soltanto. Ogni sacco pieno pesa 1500 libbre. La macchina è mossa da 8 cavalli.

808. Jars ha inventata una macchina a carrucole, ove egli ha sostituito al tamburo comune due grandi fusi a foggia di coni tronchi soprapposti o intagliati a spira nella loro periferia: tale disposizione presenta alcuni vantaggi, e specialmente quello di compensare in qualche

(*a*) *Jars*. Viaggi di metallurgia, tom. III. pag. 145.

modo la variabilità della resistenza, variabilità che procede dal peso della corda, il quale aumenta o diminuisce nei differenti punti del corso delle botti salendo e scendendo. Questo metodo ha il difetto d'incavallarsi la corda qualche volta, mentre s'aggira verso la parte superiore del tamburo d'onde risultano delle scosse che rompono talvolta la corda, e producono la caduta delle botti.

CANAPI E CATENE.

809. I canapi impiegati nelle miniere sono gherlini (vedi il capitolo I. libro IV, §. 720 *Trattato sulle macchine impiegate nelle varie costruzioni*) fatti con canepa nuova e lunga. Ve ne sono di due grossezze, gli uni sono composti di 192 fili torti, gli altri di 300 fili più fini. Essi hanno due pollici ed un quarto, o due pollici e mezzo di diametro. Ogni tesa (*) di lunghezza pesa 10 o 11 libbre.

Nei pozzi asciutti si fa uso dei canapi nel loro stato naturale, ma in quelli che sono troppo umidi bisogna che sieno incatramati. Si è osservato che nei pozzi asciutti, i canapi possono durare tre o quattro anni, ma negli umidi non durano che un anno al più.

810. Quando un canapo si rompe, o che diventa difettoso in qualche parte, *s'ingrossa* (vedi il §. 42 del capitolo II libro primo, *Trattato sul moto dei pesi*), cioè, si taglia il cattivo, e s'innestano ingegnosamente i due capi; e quando un canapo è conoscinto inservibile, si riduce a stoppa, la quale viene impiegata a diversi usi.

811. In molte miniere si adoperano le catene di ferro invece dei canapi. Le catene hanno comunemente una maggior durata dei canapi, ma sono soggette a molti gravi inconvenienti. 1. I ristauri ch'esigono sono costosi; 2. Le rotture sono più frequenti; 3. Spesse volte la catena rompendosi cade nei pozzi di molta profondità, e si spezza quasi tutta; 4. Cagiona nella sua caduta danni notabili all'intonaco dei pozzi, e finalmente il suo gran peso è dannoso all'estrazione del minerale, poichè per avere una forza sufficente, fa d'uopo che pesi almeno il doppio dei canapi; per conseguenza si è costretto ad attaccare maggior copia di cavalli alla macchina, e quando le miniere sono profondissime, il suo peso diventa cotanto ragguardevole che accadono non solo molte rotture, ma l'estrazione riesce assai penosa e cara.

812. Vi sono però dei casi, in cui le catene possono essere vantaggiosamente impiegate, come per esempio, nei pozzi obbliqui che non

(*) La *tesa* equivale a piedi 6.

hanno una troppo grande profondità.

813. Conviene osservare nelle macchine a carrucole, che il peso varia ad ogni istante in ragione di quello del canapo, o della catena che risulta maggiore o minore nelle varie posizioni in che si trovano le botti o i sacchi nel pozzo, quando la macchina è in moto. Si sono divisati diversi mezzi per rimediare a questo disordine. Noi abbiamo indicato nel *Trattato sulla composizione delle macchine* §. 801 e seguenti, alcuni metodi ingegnosi impiegati per ciò. Nel capitolo qui appresso ritorneremo su questo importante articolo parlando dei tamburi ad acqua.

CAPITOLO III.

Macchine mosse dall' acqua impiegate nelle miniere.

814. Tre metodi sono praticati nelle miniere per porre in moto il sistema delle trombe negli esaurimenti, o i tamburi nell' estrazione del minerale. Questi tre metodi sono le ruote idrauliche, le macchine a colonna d' acqua, e le macchine a compressione d' aria.

RUOTE IDRAULICHE.

815. La maggior parte delle ruote idrauliche impiegate nei lavori delle miniere sono fatte di legno, ma in Inghilterra ed in Germania nel paese della Marck, molte di queste ruote di gran dimensione sono di ferro fuso.

816. Le ruote destinate a muovere le macchine a carrucole, debbono essere costrutte di tal maniera che si possino far girare ora da una parte ed ora dalla parte opposta. A tale effetto la ruota porta due ordini di cassette contigue, le quali separate da un assito intermedio parallelo alle facce laterali della ruota, sono inclinate in senso opposto.

817. Una corsía che conduce l' acqua motrice, passa al disopra della ruota, ed ha due aperture, ciascuna delle quali corrisponde con uno degli ordini delle cassette. Così quando la prima è aperta, l' acqua cade, per esempio nelle cassette inclinate verso la dritta, e la ruota gira dalla parte corrispondente; al contrario essa ruota gira dall' altra parte quando la seconda apertura è aperta ed è chiusa la prima.

BARITELLO AD ACQUA (*tav.* 26. *fig.* 1.)

818. Questa ruota è addimostrata in *aa* fig. 1, la quale indica il piano d' un baritello ad acqua, cioè di una macchina a carrucole

mossa da una caduta d'acqua. Questa macchina, una delle più importanti che vengono impiegate nei lavori delle miniere, contiene tre parti osservabili; 1. la ruota che riceve l'azione immediata dell'acqua motrice; 2. *il freno o moderatore*; 3. il tamburo a doppio cono.

RUOTE

819. La ruota *aa* avente 36 o 40 piedi di diametro, non è diversa dalle ruote ordinarie a vasi, che per la sua tripla curva, e per la sua doppia fila di cassette, l'una delle quali riceve l'acqua da un lato, e l'altra dal lato opposto, per cui può essere riguardata come due ruote sovrapposte, essendo la prima destinata a girare dalla dritta alla sinistra, e l'altra dalla sinistra alla dritta. L'armatura, che unisce la circonferenza della ruota all'asse, è formata di due parti simili, ciascuna delle quali è composta di otto *crociate* principali, costrutte di pezzi paralleli due a due che abbracciano l'albero, la cui figura è ottangolare. Altri pezzi secondari congiungono e rinforzano queste *crociate*.

820. Le curve delle cassette hanno comunemente 9 pollici d'altezza; i trammezzi che formano esse cassette sono lontani fra loro 15 o 17 pollici, la grossezza delle curve esterne è di 4 pollici, quella del mezzo 5. Una ruota di 36 piedi ha generalmente 104 cassette. L'albero della ruota è lungo 30 fino a 32 piedi, e grosso 32 pollici nella parte su cui cade l'acqua continuamente, e 28 pollici nella parte asciutta.

821. Al di sopra della ruota è collocata la corsía che conduce l'acqua destinata a farla girare. Questa corsía ha due aperture, l'una delle quali conduce l'acqua sulla quarta cassetta da un canto della ruota, e l'altra sul canto opposto per far girare la ruota nel verso contrario. Ciascuna di queste aperture deve essere disposta in modo da poter aprirsi ora più ora meno da quella parte ove si giudica a proposito. Onde ottenere cotesto effetto, vengono impiegati indifferentemente uno dei tre mezzi seguenti: si fa uso 1. di un cocchiume di legno a foggia di cono troncato; 2. d'una piastra mobile di bronzo intorno ad una cerniera; 3. d'una specie di stantuffo pure di bronzo che avvicinandosi più o meno ad una piastra, in cui v'ha un pertugio, può chiuderlo più o meno perfettamente.

822. Qualunque sia il metodo che si adotta, si pongono in moto le parti destinate a chiudere le aperture col mezzo di una leva.

FRENO O MODERATORE

823. Il freno rappresentato dalla (*fig.* 2. *tav.* 26.) è una ruota *b b* adattata all' albero della gran ruota a cassette *a a*; la ruota del freno è situata fuori della gabbia della gran ruota. Comunemente si assegna al suo diametro la metà della lunghezza di quello di quest' ultima. Al di sopra e al di sotto della ruota vi sono dei travicelli longitudinali *h k*, mobili su gli assi *i i*. La catena *m m* riesce coll' intermedio della verga *r* nel travicello *k*, passa sulla carrucola *p*, e scende per attaccarsi alla verga *x* che comunica colla leva *l l*. Si adattano dei settori *s s* ai travicelli.

824. Un gambo *y y* parte dal travicello superiore *h* e si adatta al travicello *k*. La leva *l l* appoggiasi colla sua estremità contro cavicchie di ferro che servono a fermarla nella posizione ove si vuole che rimanga. Se spingesi la leva verso l' ingiù, il travicello superiore si abbassa mentre l' inferiore si alza, e tutti e due contribuiscono a stringere fortemente la ruota *b b* per arrestare la macchina. Quando all' opposto si alza questa leva, il travicello inferiore si abbassa; ed a tale effetto si carica di sassi; nel medesimo tempo il travicello superiore s' innalza, e la ruota trovandosi sciolta da ogni impaccio, la macchina può muoversi liberamente.

825. Questo freno è troppo complicato; si ottiene lo stesso effetto con una costruzione più semplice, producendo una compressione sulla ruota medesima a cassette; tale compressione si eseguisce nel modo seguente: immaginiamoci un conio fermato a qualche distanza dalla circonferenza della ruota, e che un pezzo di legno verticale, sospeso ad una leva, abbia un conio simile, ma collocato in modo opposto; si comprende agevolmente che se col mezzo della leva si fa abbassare il pezzo di legno, ovvero si alza, si farà deviare od avvicinare al suo perpendicolo, per cui si accosterà od allontanerà dalla ruota. Con siffatto espediente si può avvicinarlo di tal maniera che il suo attrito sia sufficente a distruggere il moto della ruota. Si comprende egualmente che se dal lato opposto si colloca un altro pezzo simile corredato di un conio, il quale come il precedente si combini con un conio stabile, e che se i due pezzi di legno sono uniti insieme nella sommità da un tirante, si potrà con la stessa leva far agire l' uno e l' altro per ottenere un effetto più sicuro. Così tutte le volte che si abbassa la leva, risalgono i pezzi, che sospinti dai conii contro la ruota, la comprimono e la fermano; per lo contrario quando si alza la leva, si fanno scender di nuovo questi medesimi pezzi, i quali allontanandosi grado a grado dalla ruota, cessano di comprimerla, e d' impedire il suo libero moto.

BARITELLO

826. Scorgesi dalla *fig.* 1. *tav.* 26. che il baritello o tamburo AB è composto di due tronchi di cono uniti sopra d' uno stesso asse dalla parte della loro gran base. Questa forma produce una sorta di compensazione alla variabilità della resistenza cagionata per l' allungamento, e per l' accorciamento dei canapi; sopra ciascuna porzione del baritello comincia il canapo ad avvolgersi dalla parte ove è più piccolo il diametro, nel momento in che la botte essendo nella più gran profondità, il canapo agisce in forza di tutto il sua peso, a misura poi che sale la botte esso canapo si adatta sulla parte avente il maggior diametro, compensando così con una leva più grande la diminuzione del peso.

La lunghezza come pure il diametro del tamburo debbono regolarsi secondo la profondità dei pozzi e la quantità del canapo che deve abbracciare. Ve ne sono che hanno 16 o 18 piedi di lunghezza, il maggior diametro dei quali è 15 o 16 piedi, ed il minore 8 o 10.

827. Questi tamburi sono composti di tre centine rotonde, chiamate grondatoi, ciascuna delle quali è formata di gavoli uniti in croce, il tamburo è coperto di aste o regoli sui quali s' avvolgono i canapi. Per impedire che questi canapi non isdrucciolino fuori del tamburo, sono eretti degli orli alle due estremità.

828. Allorchè una botte od un sacco pieno di minerale è pervenuto alla cima del pozzo, si cala la paratoia, o dirò meglio, si chiude il buco per ove l' acqua motrice cade nelle cassette, onde la macchina si fermi pel tempo necessario ad istaccar la botte piena ed attaccarne una vuota; ma siccome la ruota continua a muoversi dopo l' abbassamento della paratoia, in grazia della sua inerzia o della sua tendenza a perseverare nel moto comunicatole, e del rimanente esiste tutta via dell' acqua nelle cassette che non hanno avuto il tempo di vuotarsi compiutamente; e questi due motivi potrebbero contribuire a far eseguire alcuni giri di più alla ruota, effetto che non potrebbe aver luogo senza disordine; perciò si è dovuto rinvenire un mezzo onde non fermare la ruota nè troppo presto nè troppo tardi, ma precisamente nel punto in cui la botte è arrivata all' altezza conveniente per essere distaccata, inventando a tale oggetto i freni e i moderatori descritti (al numero 823 e seguenti).

Delius racconta nell' egregia sua opera sui lavori delle miniere dalla quale abbiamo estratto molte particolarità inserite in questo libro; che un tamburo ad acqua stabilito a Chemnitz, e costrutto secondo i metodi espressi, consumava in 24 ore, 80,000 secchi d' acqua del peso

di circa 90 o 100 libbre l' uno; che la gran ruota faceva cinque giri al minuto, e che il peso da innalzare era circa 2600 libbre, da una profondità di 900 piedi.

MACCHINE DI *KONGSBERG* (*tav.* 19. *fig* 1 *e* 2.)

829. Questa macchina eseguita nelle miniere d'argento di Kongsberg in Norvegia, è stata descritta da *Jars* nel suo *Viaggio di metallurgia*, tom. II, pag. 111 e 580. Fa ella agire delle trombe, e nel medesimo tempo solleva delle botti cariche di minerale. È mossa da una gran ruota a cassette *ss*, che riceve l' acqua nel suo vertice dal condotto *tt*. Siccome le miniere non sono profonde, e i pozzi altronde sono vicinissimi gli uni agli altri, basta la stessa ruota *ss* per porre in moto in una volta tutte le macchine adattate a questi diversi pozzi. Il meccanismo corrispondente, ed ogni pozzo è presso che simile.

Ciascun pozzo è diviso in due parti eguali, servendo l' una per l' estrazione del minerale, e l' altra per uso delle trombe. Si è posto allato della sua bocca il tamburo orizzontale *e e*, sul quale s' avvolgono le catene. Al suo asse è assicurato un lanternino guernito di sei fuselli di ferro *p p* lontani un piede l' uno dall' altro. I due bilancieri *f f* sostengono ciascuno di loro un gambo di ferro *d d* avente in fine un uncinetto, mediante il quale si opera alternativamente un ingranatura sul rocchetto per farlo girare, e nel tempo stesso far girare il tamburo *e e*; d' onde risulta che una delle due catene, che circondano il tamburo svolgesi e fa scendere la botte *k*, mentre l' altra avvolgendosi, fa salire un' altra botte carica di minerale. Ognuna di queste catene passa sopra una carrucola *y*. Quando una botte piena di minerale è giunta alla sommità del suo corso, un operaio la distacca, nel mentre che un' altro ne attacca una vuota, e così alternativamente. La macchina a carrucole fermasi col mezzo delle leve *x x*, le quali in forza di una catena corrispondente innalzano i gambi ad uncinetto *d d* ed impediscono loro d' ingranare nel rocchetto. Cotesta macchina è armata in oltre di un freno composto al solito della ruota *c* circondata da una curva elastica che si stringe, o si allenta mediante la leva *o*.

830. La ruota *ss* trasmette il moto alle trombe *m m* ed alla macchina a carrucole coll' intermedio dei tiranti ad altaleno *n n*, i quali agiscono da un canto sui bilancieri *r r* in virtù delle croci *v v*; e dall' altro pongono in moto i tiranti verticali delle trombe *m m*, per il gambo *g* che agisce sulla catena *i*, sostenuta da una gran carrucola.

TROMBE MOSSE DALLE RUOTE A CASSETTE.

831. Trovasi, nel vigesimo primo volume del *Giornale delle miniere*, due memorie interessanti del signor *Daubuisson*, che descrivono le macchine idrauliche impiegate nella miniera di piombo di Poullaouen, e le curiose esperienze fatte sopra dette macchine dalli signori *Daubuisson* e *Blavon-Duchesne*. I dettagli seguenti sono estratti da esse memorie.

832. Le macchine destinate all' esaurimento delle acque della miniera di Poullaouen sono grandi ruote idrauliche mosse dal peso dell' acqua col mezzo di manubri e di tiranti orizzontali, che comunicano per l' intermedio delle leve angolari il moto ad altri tiranti verticali posti nei pozzi, e fanno muovere gli stantuffi delle trombe disposte le une sopra le altre, dalla galleria di scolo sino al fondo.

833. Le ruote sono di legno di quercia, tranne le tavole delle cassette che sono di abete. Esse ruote stanno affatto allo scoperto, e sono danneggiate spesso dai ghiacci. Onde prevenire gli accidenti, si è coperta di una fodera la curva, (a superficie cilindrica) che forma il fondo delle cassette. Le guance hanno del pari d' intorno e di fuori una fodera grossa 3 o 4 centimetri, la quale ha risparmiato di collocare dei pezzi sulle giunture delle guance, di cui accresce la solidità, dando inoltre maggior peso a questa parte di ruota, le fa fare l' uffizio di volanda, il che giova a mantenere l' uniformità del moto.

834. I manubri sono di metallo, e di figura comune. I tiranti sono fatti di pezzi di legno di quercia, lunghi metri 8 circa, riquadrati da 16 o 22 centimetri; la loro estremità è tagliata diagonalmente per un metro di lunghezza, dove sono praticati degli incastri, i quali si uniscono esattamente con l' estremità dei pezzi corrispondenti in queste commessure, rinforzate da due o quattro piastre di ferro lunghe met. 1,62, larghe met. 0,02, e grosse met. 0,007, assicurate con quattro o sei cavicchie. I tiranti verticali sono trattenuti da una distanza all' altra fra rulli, sostenendo di 10 in 10 metri, rimpetto ad ogni tromba, un braccio di ferro convenevolmente assoggettato, nell' estremità del quale entra l' anello che termina il gambo d' ogni stantuffo. Questo gambo è di ferro, lo stantuffo è di legno, guernito di cuoi tutto all' intorno, e coperto di una valvola semplice o cerniera, formata di pezzi di cuoio, e di una rotella di latta di 16 centimetri di diametro.

835. Le trombe sono aspiranti, ed hanno quasi 10 metri di lunghezza. La camera della tromba è di metallo fuso, lunga met. 1,62; il suo diametro varia da met. 0,25 a met. 0,33. Il di sopra è un tubo di legno dello stesso diametro, lungo solamente met. 0,6 a met. 0,7,

Al di sotto ve n' ha un simile, ove trovasi la valvola che separa la camera della tromba dal tubo d' aspirazione: essa valvola è forata lateralmente da un buco che chiudesi col mezzo di un turacciolo, e che aprisi quando si vuol cambiare o risarcire la valvola. Il tubo d' aspirazione ha met. 0,135 di diametro nelle trombe di met. 0,325, e metri 0,12 in quelle che sono più piccole. Esso è composto di tre pezzi, il primo di un metro soltanto, ed ognuno degli altri due di met. 3,25: ciò che fa met. 7,5 di lunghezza, e met. 10,4 per tutta la lunghezza della tromba.

836. I serbatoi sono cassette larghe 3 o 4 decimetri circa, profonde altrettanto, le quali ricevono l' acqua della tromba che trovasi al di sotto di quelle onde essi contengono l' estremità inferiore. Ciascuno di detti serbatoi ne ha uno particolare nel quale è adattato un tubo, per ove il soprappiù dell' acqua, essendovene, scende nel bacino inferiore, talmente che quando una tromba non innalza tutta l' acqua che l' è recata dalla tromba sottoposta, il di più del fluido invece di cadere nel pozzo, segue il tubo, e ritorna nel bacino inferiore.

837. L' esperienze eseguite sulla maggiore di queste macchine, la cui ruota armata di 92 cassette aveva met. 11,37 di diametro, hanno fatto conoscere che questa ruota ricevendo met. 4,8 cubi d' acqua motrice, la macchina innalzava met. 0,4767 ad un' altezza di met. 65,52; e che il prodotto delle due quantità d' acqua per le altezze delle cadute stanno come 100 a 57.

MACCHINE A COLONNA D' ACQUA.

838. Le macchine a colonna d' acqua descritte nel capitolo V del libro I (num. 269 e seg.) sono preferibili alle ruote idrauliche quando l' altezza della caduta dell' acqua è considerabile; e l' esperienza ha dimostrato che in simil caso non esigono, per produrre lo stesso effetto, che una quantità d' acqua assai minore. Un gran numero di queste macchine sono presentemente erette in Ungheria, in Boemia, nella Carinzia, ed in Baviera.

839. Nelle miniere si stabiliscono le macchine a colonna d' acqua a livello della galleria di scolo, e si fanno cadere sopra di esse le acque che scorrono sul pendio della montagna: o se vi sono due gallerie di scolo l' una sopra l' altra, si colloca una macchina in una galleria inferiore per porre a profitto le acque della galleria superiore.

840 Le prime macchine a colonna d' acqua che si costruirono, erano a semplice pressione, cioè l' acqua non agiva che per innalzare lo stantuffo *ricettore*, mentre un contrappeso lo faceva scendere: tale era la

macchina che abbiamo descritta al N. 269 e seg. Si sarà notato, che questa macchina ha molta analogia con quella a vapore di semplice effetto. In ambedue, il giuoco della macchina è determinato dall' apertura e dalla chiusura alternativa delle due valvole, l' una delle quali pone in comunicazione l' interno del cilindro col fluido, ovvero col vapore, ed impedisce poscia questa comunicazione chiudendosi; allora l' altra valvola si apre per lasciar correre il fluido od il vapore che precedentemente ha innalzato lo stantuffo colla pressione esercitata contro questo corpo mobile il quale non trovando più opposizione alla sua discesa, l' effettua in virtù dei contrappesi che lo rispingono in giù.

841. Siffatto metodo essenzialmente vizioso obbliga ad impiegare per porre in moto la macchina una forza doppia di quella che la resistenza richiede; poichè per sollevare lo stantuffo, bisogna muovere, oltre la resistenza, il contrappeso che deve agire su questa medesima resistenza quando scende lo stantuffo.

842. Dopo che fu inventata la macchina a vapore a doppio effetto che scevra dell' inconveniente esposto, aveva prodotto un considerabile risparmio nel consumo della forza motrice, si applicò questo importante miglioramento alle macchine a colonna d' acqua.

843. Queste macchine così perfezionate hanno quattro valvole invece di due, le quali sono aperte e chiuse da un regolatore dipendente dal giuoco medesimo della macchina. Questo regolatore è costrutto a foggia di quelli delle macchine a vapore già descritte nel *Trattato sulla composizione delle macchine*, libro V. cap. II, §. 850 e seguenti, è destinato ad aprire e chiudere diagonalmente le valvole; se apre per esempio la valvola in alto che ammette l' acqua destinata a comprimere lo stantuffo per farlo scendere, apre nello stesso tempo la valvola d' abbasso per dar passaggio al fluido, cui ha fatto salire lo stantuffo e chiude le altre due valvole. Quando lo stantuffo ha compiuta la sua carriera scendendo, il regolatore chiude le valvole che prima aveva aperte, aprendo quelle che avea chiuse, e lo stantuffo risale, così di mano in mano.

Le macchine dove l' acqua agisce sullo stantuffo del cilindro principale alternativamente al di sotto ed al di sopra, sono meno voluminose di quelle a semplice effetto: per conseguenza generano una diminuzione notabile di spese per la costruzione, ed il loro collocamento esige meno spazio.

844. Si possono altresì far agire due macchine a semplice effetto sopra un sistema di trombe, e combinare il loro moto di tal maniera che siano atte a produrre lo stesso risultamento di una macchina a doppio effetto.

845. Il signor di *Villefosse* ha descritta nella sua bell'opera (1) una combinazione di questa specie, progettata alcuni anni sono dal signor *Baldauf*, macchinista nelle miniere di Freyberg.

846. L'oggetto di questa macchina era di porre in moto in un pozzo inclinato due sortimenti alternativi di trombe di esaurimento. La profondità totale della miniera in cui doveva essere stabilita, era 1380 piedi al di sotto della superficie del terreno; trattavasi d'innalzare le acque sotterranee sino al livello di una galleria di scolo, sulla quale sarebbe stata collocata la macchina.

847. Una delle più memorande applicazioni che siano state fatte della macchina a colonna d'acqua, è senza dubbio quella che ha avuto per iscopo d'innalzar le acque salse di Reichenhall per inviarle a Rosenheim in Baviera. La distanza che separa questi due luoghi è di 21 leghe, *Rosenheim* è più alto di *Reichenhall* 250 piedi, ma fra questi due paesi vi sono delle alte montagne, per cui fa d'uopo salire 2301 piedi a più riprese, e scenderne da piedi 2051. Superasi in cotal modo la differenza del livello indicato di 250 piedi.

848. I motivi che hanno determinata l'esecuzione di questo piano gigantesco, sono la scarsezza e l'alto prezzo del combustibile a Reichenhall, e l'abbondanza di tal prodotto a Rosenheim.

849. Per innalzare le acque salse all'altezza in cui debbono giugnere prima di arrivare a Rosenheim, sono stabilite undici macchine di esaurimento in undici stazioni o riprese sullo spazio da percorrere. Tre di dette macchine sono trombe permanenti poste in azione da ruote idrauliche, le altre otto sono macchine a colonna d'acqua costrutte secondo i disegni del sig. di *Reichenbach*.

850. Queste macchine sono mosse dalle correnti d'acque che percorrevano il pendío delle montagne, e che sono state dirette verso i serbatoi destinati ad alimentarle. Esse macchine pongono in moto due trombe aspiranti prementi.

DETTAGLI DI COSTRUZIONE RELATIVI ALLE RUOTE IDRAULICHE, ED AI TIRANTI IMPIEGATI NELLE MINIERE, PER TRASMETTERE IL MOTO AI SISTEMI DELLE TROMBE.

RUOTE.

851. La maggior parte delle ruote usate nelle miniere sono a cassette, ed agiscono in forza del peso dell'acqua versata successivamente

(1) Richezza minerale, tom. 3 pag. 121 e seguenti.

nelle medesime. Ciascuna ruota è collocata in una gabbia o castello costrutto di legname, o di matoni. Allorchè si adotta quest' ultimo metodo come più solido, si dee cercare di prevenire le infiltrazioni sotto i muri, e fra le commessure dei sassi. A tale effetto, prima di stabilire i fondamenti dei muri, si scava fino al buon terreno, si mette su questo terreno convenevolmente livellato un ammasso di terra argilosa ben battuta ad ogni strato; di poi si pongono dei travicelli per traverso che abbraccino tutta la larghezza della gabbia, e s' estendino sotto i muri, che debbono essere edificati per quanto è possibile di grosse pietre ben connesse. Il fondo della gabbia è assicurato sui travicelli enunciati, che si coprono di tavoloni diligentemente calafatati con stoppa o musco, sulle fessure dei quali sono inchiodati dei regoletti. Le facciate interne dei muri sono coperte sino ad una certa altezza di tavoloni che s' inchiodano sopra traverse di legno inserite per ciò nel muro.

852. L' albero della ruota non riposa immediatamente sul muro, ma sopra travi di quercia, dove sono incastrati i dadi di ferro, di bronzo o di una pietra dura ed omogenea.

È necessario che l' albero sia esattamente orizzontale, e formi un angolo retto colla gabbia della ruota. Esso è comunemente di abete, lungo otto piedi, e grosso ventotto pollici; il suo mezzo è quadrato, e le sue due estremità ritondate. I cardini debbono essere inseriti nell' albero in un modo stabile; perciò la parte che dee entrare nel legno fa d' uopo che abbia la forma d' una piastra della medesima larghezza che il diametro dell' albero; cioè venti pollici lunga, e grossa due; incastrandola in un intaglio praticato nell' albero, che si lega con tre cerchi, ciascuno de' quali ha tre pollici di larghezza, ed un mezzo pollice di grossezza. Il cardine o perno ha 7 o 8 pollici di diametro.

853. La circonferenza della ruota, cioè la parte che porta le cassette è composta di due cerchi di nove o dieci pollici di larghezza, e 3 di grossezza. Ogni cerchio ha 14 o 16 gavoli commessi a mezzo legno. Una ruota di 36 piedi di diametro, ha ordinariamente 96 sino a 104 cassette che si compartiscono nella maniera seguente: si divide la larghezza dei gavoli in tre parti; la prima all' ingiù indica il posto dei fondi delle cassette, i quali fondi seguono la direzione dei raggi tratti dal centro della ruota; i tramezzi obbliqui delle cassette formano col fondo un angolo di 110 o 120 gradi. I fondi ed i tramezzi obbliqui delle cassette sono scavati nei gavoli ad un pollice di profondità.

854. Le due *armadure* parallele che sostengono la circonferenza della ruota, sono comunemente composte ciascuna di otto bracci incrocciati intorno all' albero, avendo otto pollici di larghezza e quattro e

mezzo di grossezza nelle loro estremità. Tutti cotesti pezzi sono di quercia. Per non indebolirli eccessivamente nei loro punti d' intersecazione con incavi troppo profondi, si cerca di coprirli nelle parti corrispondenti ad essi punti con pezzi secondari che adempiono l' offizio di rinforzi.

855. Uno dei cardini della ruota regge una manovella, il cui braccio perpendicolare al cardine ha 18 o 23 pollici di lunghezza, ed è terminato da una piegatura ad angolo retto, a cui è adattato il tirante principale che dee trasmettere il moto alla macchina. Esso tirante ha in questa parte, che è cilindrica, un foro nel quale si mette una copiglia per fermarlo. Qualche volta la ruota ha un manubrio in tutti e due i suoi cardini.

856. Le ruote idrauliche si piantano non solamente sulla superficie, ma eziandio nell' interno delle miniere; in tal caso se ne possono collocar molte, per modo che l' acqua possa cadere dall' una sopra l' altra; onde fermarli si fanno delle escavazioni che si guerniscono con travi e tavole, e si pratica una galleria di sfogo, per ove l' acqua dopo aver agito sulle ruote possa correre. Si aumenta la massa dell' acqua motrice, che opera su queste ruote, di tutta quella che scorre nei passaggi e nelle gallerie superiori, dirigendola verso le ruote medesime.

TIRAGLIE

856. Chiamasi con siffatto nome un sistema di bilanceri, di tiranti e di squadre, destinati a trasmettere il moto dalla ruota che riceve l' azione del motore sino la sistema di trombe, posto alcune volte lontano due o tre mila piedi.

858. Un tale sistema debbe essere costrutto in guisa da poter produrre tutti i cambiamenti di direzione necessari tanto nella parte orizzontale che nella verticale. Non si può negare che una tale unione non generi degli attriti considerabili, assorbendo una gran porzione della forza motrice. Il sig. *Baader* ha immaginato di trasmettere il moto ad una gran distanza coll' intermedio d' una colonna d' acqua; questo ingegnoso espediente già descritto nel nostro *Trattato sulla composizione delle macchine* (§. 650 e seguenti) potrebbe essere in certe circostanze impiegato a preferenza delle tiraglie. Vi ha però un gran numero d' altri casi, ove avendo a propria disposizione una forza motrice esorbitante, queste sono più convenienti per la facilità di eseguirle, di stabilirle, e di rimuoverle all' occorrenza. L' antica macchina di *Marly* presentava un gran sistema di tiraglie analogo a quello di che andiamo ad occuparci. I lettori i quali desiderassero conoscere questa macchina celebre per le sue ampie dimensioni, e le diverse altre

macchine proposte in luogo di essa, consultar debbono l' opera intitolata *Rapporto sulla macchina di Marly* delli signori Prony e Molard.

859. (*tav* 27. *fig.* 7, 8 e 9.) Un sistema di tiraglie comprende un certo numero di *braoci* o *bilancieri m*, di stanghe *n*, e di sostegni *o*. Il numero di questi pezzi aumenta nella stessa proporzione che la lunghezza del sistema.

SOSTEGNI

860. I sostegni situati alla distanza di 12 o 18 piedi l' uno dall' altro, sono composti di due legni paralleli *hh* fig. 7, uniti dal cappello o coperchio *d*, e rinforzati abbasso dai puntelli *cccc*. Il cappello regge le teste di quattro travicelli *bbbb* che sostengono un piano, il quale offre il comodo di visitare, ungere e ristaurare le parti più alte della macchina.

Questi sostegni debbono essere fissati in terra sopra travi e traverse ben commesse. Fa d' uopo che le dimensioni sieno molto proporzionate, onde le stanghe possano agire in linea retta, tanto nel salire che nello scendere; la mancanza di tal precauzione produrrebbe delle rotture.

BILANCIERI SECONDARI

861. I bilancieri debbono adempiere il doppio uffizio di sostenere le stanghe, e trasmetter loro un moto alternativo. Essi sono lunghi ordinariamente dodici piedi, larghi dieci pollici, e grossi quattro; le loro estremità sono composte di pezzi di faggio, lunghi sedici pollici, e larghi sei, che sono incavati. Hanno una sala lunga due piedi, la quale gira sopra dadi adattati sui travi dei sostegni. I bilancieri sono generalmente lontani uno dall' altro 24 piedi. Il loro braccio superiore ha una suola *f* posta in un incavo, e su questa suola ed in questo incavo muovesi una delle stanghe della tiraglia. Altra suola simile è accomodata all' altra stanga parallela, e sotto detta suola trovasi il rullo *g*.

STANGHE

862. Le stanghe *rr tav.* 27, *fig.* 8 sono d' abete aventi quattro pollici sopra cinque di riquadratura. L' unione dei pezzi che compongono esse stanghe si ottiene nella maniera indicata in *aa*; tutte le estremità dei pezzi sono tagliate e sovrapposte ad un modo, e i pezzi sono uniti insieme mediante cerchi di ferro.

GRANDI BILANCIERI

863. Le tiraglie hanno alle loro estremità bilancieri più robusti di quelli che sono posti nel mezzo, per cui vengono indicate col nome di grandi bilancieri.

Un gran bilanciere ha comunemente 13 piedi di lunghezza e 14 pollici sopra 10 di riquadratura. Il suo mezzo è attraversato da una forte sala di ferro mobile in dadi o boccole; i suoi due capi sono incavati per ricevere quelli delle tiraglie, armate in essa parte di staffe di ferro simili a quella rappresentata dalla *fig.* 5, *tav.* 27. Ai due lati esterni di ciascun incavo dei bilancieri, si adattano due piastre di ferro forate da molti buchi, in uno dei quali si fissa la cavicchia ch' entra nell' anello in fine della staffa. Questi buchi servono ad un altr' uso, ricevendo la cavicchia della staffa del tirante intermedio fra il manubrio della ruota a cassetta, ed il gran bilanciere, cioè del tirante che trasmette il moto di questa ruota alle tiraglie.

TIRANTE PRINCIPALE.

864. Questo tirante che siamo per descrivere consiste in un lungo legno, la cui testa ha 14 pollici sopra otto di riquadratura, corredata di un cartoccio di ferro che riceve il manico della manovella nel punto ov' è ricurva, ed è fortificata da lastre di ferro longitudinali, e da alcuni cerchi. Il tirante diminuisce di grossezza appressandosi all' altra estremità guernita di una staffa, costrutta come quella che scorgesi dalla figura 5.

865. Conviene che la lunghezza del tirante abbia un rapporto determinato con quella della manovella, giacchè si è conosciuto che se fosse troppo corto comunicherebbe al bilanciere un moto assai irregolare, d' onde risulterebbero delle scosse. Sembra che la proporzione più conveniente sia quella che dà al tirante tredici volte la lunghezza del braccio della manovella. Il tirante che ha questa lunghezza, non si allontana troppo dalla linea orizzontale nel momento delle maggiori alzate e discese della manovella. Egli è indubitabile che si sarebbe più compiutamente ottenuto questo scopo facendo il tirante più lungo; ma dall' altro canto ne nascerebbero gravi inconvenienti; il tirante si piegherebbe ed incurverebbe, la manovella sarebbe quindi eccessivamente caricata, e per conseguenza più esposta a rompersi.

866. Abbiamo detto (al num. 863), che le piastre laterali adattate agli incavi dei grandi bilancieri avevano più buchi: questi offrono il comodo di aumentare o diminuire l' alzata degli stantuffi della macchina;

così l' arco di cerchio descritto dal punto di unione del tirante col bilanciere è più o meno grande secondo che trovasi più o meno lontano dal centro per la posizione della cavicchia nel buco convenevole.

867. Le tiraglie non possono sempre essere costrutte in linea retta; spesse volte sono costrette a deviare o nella parte orizzontale o nella verticale. Nel primo caso, si fa uso dei bilancieri in croce, nell' altro dei bilancieri angolari.

BILANCIERI INCROCIATI.

868. I bilancieri incrociati sono di due spezie, ad angoli retti, e ad angoli ottusi, i primi vengono impiegati quando i cambiamenti di direzione sono perpendicolari, i secondi possono servire in tutti i casi.

869. Se il tirante principale dee trasmettere il moto ad una tiraglia inclinata seguendo un grado qualunque d' obbliquità, il gran bilanciere sul quale essa agirà, dovrà essere incrociato, in guisa che uno dei bracci della croce sia parallelo a quello della manovella; quando tutti e due si troveranno in una posizione verticale, allora il braccio della croce sarà esattamente perpendicolare alla linea che dimostra l' inclinazione della tiraglia. È necessario che questi angoli sieno determinati con una scrupolosa esattezza a scanso di rotture e di perdite enormi di forze.

870. Si fa uso di tali croci in tutti i luoghi, ove l' inclinazione della tiraglia dee variare tanto nel salire che nello scendere; e parimenti nella estremità di essa tiraglia verso il pozzo, quando questa non fa capo in una direzione orizzontale.

BILANCIERI ANGOLARI.

871. I bilancieri angolari (*tav.* 27, *fig.* 9.) sono composti dell' albero verticale *a* nel quale s' inseriscono i due bracci *b b* che formano fra loro un angolo determinato dal cambiamento di direzione che le tiraglie debbono provare nella parte orizzontale. Questi due bracci sono incavati nelle loro estremità, come ne' bilancieri verticali, essendovi in essi inserite del pari l' estremità delle stanghe. I bracci sono congiunti insieme col mezzo dell' asta di ferro *d* che impedisce loro d' allontanarsi.

872. Col mezzo dei bilancieri incrociati e di quelli a squadra, si può comunicare il moto a tutte le parti e seguir tutte le direzioni delle montagne, e delle vallate. Ma vi sono dei casi in cui bisogna trasmettere il moto in remote profondità, e far agire delle tiraglie nelle gallerie di passaggio; allora i tiranti si combinano con alberi orizzontali più o meno lunghi, si conducono o sopra una linea semplice, o sopra una doppia, sino al luogo necessario.

BILANCIERI A SETTORI. (*tav.* 21 *fig.* 4).

873. Si stabiliscono al di sopra dei pozzi dei bilancieri a settori, i quali debbono corrispondere esattissimamente coi tiranti dei sistemi delle trombe, e il cui oggetto è di mantenere i tiranti nella linea verticale durante il loro lavoro.

874. Questi bilancieri consistono ordinariamente in un legno orizzontale lungo 12 piedi, attraversato in mezzo alla sua lunghezza da un asse sul quale sorge ad angolo retto un legno verticale lungo 6 piedi, la cui testa è incavata e guernita di fasce e di cerchi di ferro. Vi si assettano piastre bucherate, nelle quali entrano le cavicchie destinate ad unire questi settori alle tiraglie. Alla estremità del legno orizzontale, dalla parte del pozzo, è adattato un settore alto sei piedi, sul quale passa una fortissima catena, fatta a modo di quelle degli oriuoli da tasca, ed a questa catena appunto si appicca il tirante verticale che pone in moto il gambo degli stantuffi del sistema delle trombe.

ARTICOLAZIONI SFERICHE APPLICATE ALLE TIRAGLIE

875. Chiamasi articolazione sferica una palla racchiusa fra due cavità semisferiche che si possono avvicinare più o meno col mezzo di cavicchie a vite. Questa disposizione dà all' articolazione la facoltà di muoversi in qualunque direzione, ciò che è vantaggiosissimo nelle tiraglie per evitare gli attriti eccessivi, e le rotture che accadono quando le articolazioni resistono con troppa durezza alle scosse irregolari, agli urti istantanei ed agli sbalzi improvvisi.

876. Da qualche anno sono state surrogate alle staffe a cavicchie, che in molte macchine a tiraglie formano come si è detto le articolazioni del tirante principale col gran bilanciere, di questo colle stanghe, e finalmente di esse stanghe colle croci e coi bilancieri a squadra; sono state surrogate, diciamo noi, le palle di ferro che girano in recipienti semisferici pieni d' untume.

877. In alcune macchine a tiraglie, sono rimpiazzate le cavicchie o sale dei bilancieri, da perni fatti a modo d' aste di bilancia che riposano sopra dadi di metallo.

CAPITOLO IV.

Macchine a vapore adattate agli esaurimenti ed all' estrazione del minerale dalle miniere.

878. Prima che la macchina a vapore fosse inventata, eravamo spesso ridotti ad abbandonare rilevanti imprese per l' impossibilità di avere a propria disposizione una corrente d' acqua, o perchè tal corrente avrebbe richiesto lavori preparatori troppo costosi, o finalmente perchè la forza di questa corrente non sarebbe stata bastevole. Da che è in uso così preziosa invenzione, non c' è luogo, in cui non si possano effettuare dei lavori, e non v' è resistenza alcuna che non possa vincersi, purchè si abbia l' occorrente combustibile.

879 Egli è principalmente nelle miniere del carbon-fossile che siffatte macchine rendono i più segnalati servigi, avendo ancora prodigiosamente moltiplicate queste sorte di lavori, i quali superano per il vantaggio quelli delle miniere d' oro e d' argento, e che sono divenuti presso gl' Inglesi una delle principali sorgenti della maravigliosa prosperità della loro industria.

880. Le macchine a vapore, in queste imprese, sono impiegate a porre in moto delle macchine a carrucole, o dei sistemi di trombe che non sono punto differenti da quelle che abbiamo finora ampiamente descritte. Più volte una stessa macchina a vapore produce nel medesimo tempo questi due generi di lavori, cioè, estrae il minerale, ed esaurisce le acque.

881. Quando una macchina a vapore è destinata ad estrarre il minerale coll' intermedio di una macchina a carrucole, conviene che la comunicazione dell' una all' altra accada in maniera che si possa fermar subito la macchina a carrucole, allorchè una delle botti è giunta alla sommità del pozzo, e che si possa quindi imprimere al baritello o tamburo un moto inverso, per far discendere questa botte vuota, e far salir l' altra piena. Si ottengono cotesti effetti per mezzo di doppie ingranature a chiavistello. Noi abbiamo parlato di queste ingranature nel *Trattato sulla composizione delle macchine* §. 877, e seguenti, e più diffusamente nel *Trattato sulle macchine impiegate nelle diverse costruzioni*. §. 861 e seguenti.

882. Le macchine praticate nelle miniere, sono quelle di *Newcomen*, di *Watt* a semplice effetto, dello stesso *Watt* a doppio effetto, e quelle a forte pressione. Noi ci limiteremo qui a paragonare gli effetti di queste diverse macchine descritte nel capitolo III del libro I, *Trattato sulla composizione delle macchine* e che sono rappresentate dalle tavole 7, 8, 9, 10 e 11 del trattato suddetto.

APPREZZAMENTO DELLA FORZA DELLE MACCHINE A VAPORE.

MACCHINA DI NEWCOMEN.

883. Esaminando le grandi imprese e specialmente quelle del carbone fossile, si rimane maravigliato della preferenza che accordasi talvolta a questa macchina in confronto d' altre assai più perfette.

884. Questa preferenza deriva in parte dalla spesa minore che occorre per lo stabilimento di quest' antica macchina, essendo non ostante poco valutabile il consumo maggiore di combustibile della macchina stessa in luoghi dove ne producono una gran copia.

885. Intorno a cotesto risparmio convien fare un' importante osservazione ed è, che a circostanze eguali, esso risparmio è molto più sensibile nelle piccole macchine che nelle grandi, per una ragione facile a comprendersi. La perdita del vapore cagionata per l' iniezione dell' acqua fredda dentro al cilindro (uno dei difetti principali della macchina di Newcomen) è proporzionata alla superficie dei cilindri, laddove la quantità del vapore agente in essi cilindri è proporzionata alla loro capacità: ma la geometria insegna, che le superficie di questi cilindri sono fra di loro come i quadrati dei diametri, e che le loro capacità sono come i cubi; perciò è evidente che la perdita cagionata dal raffreddamento sarà tanto meno notabile quanto più la capacità sarà grande; e reciprocamente, sarà maggiore quando l' ampiezza del cilindro, e per conseguenza quella della macchina sarà minore.

886. Generalmente, le macchine di *Watt* a semplice effetto offrono più vantaggi nelle miniere che quelle di Newcomen, sebbene queste sieno più semplici, meno costose, e più facili a trasportarsi.

887. Il signor *Heron di Villefosse* narra nella sua bellissima opera intitolata *la ricchezza minerale* (tomo 3 pag. 69) essersi osservato nelle miniere d' Anzin, che i cilindri essendo eguali d' ambo le parti, l' effetto di una macchina di *Newcomen* stava a quella d' una macchina di *Watt* come 9 a 10, ma nella macchina di *Newcomen* il consumo del combustibile in 24 ore ascende quasi ad 8 libbre di carbon fossile per pollice circolare (1) della superficie dello stantuffo, quando che in una macchina a semplice effetto, costrutta dalli signori *Perrier* non se ne

(1) Il pollice circolare, è la diagonale moltiplicata per se stessa di una superficie rotonda. Corrisponde al pollice quadrato presso a poco nella proporzione di 400 a 354. Un cerchio di 20 pollici di diametro ha 400 pollici circolari di superficie, o 354 pollici quadrati.

consumano che 2 o 3 libbre. Ridonda che a parità di cilindro, e di effetto, la macchina di *Newcomen* consuma circa tre od anche quattro volte tanto combustibile quanto le macchine di *Watt* a semplice effetto; ma non dobbiamo dimenticare che questo vantaggio prezioso negli stabilimenti che traggono il combustibile da luoghi lontani è meno apprezzabile nelle miniere del carbon fossile.

888. Le macchine di *Newcomen* consumano una quantità d' acqua d' iniezione maggiore di quelle di *Watt*.

MACCHINE DI *WATT* A SEMPLICE EFFETTO.

889. Nelle macchine a semplice effetto di cui si veggono de' modelli a Parigi, a Chaillot, ed a Gros-Caillou, la temperatura del vapore non eccede comunemente 84 o 85 gradi, così la forza espansiva di questo vapore non opera sulla superficie dello stantuffo motore che una pressione quasi uguale a quella del peso dell' atmosfera, cioè al peso di 2240 libbre per ogni piede quadrato, il che equivale a un poco meno di 16 libbre per pollice quadrato. Da ciò bisogna detrarre una forza opposta risultante dalla temperatura di 40 gradi circa, che il vapore conserva nel condensatore, cioè un poco più di due libbre di forza per pollice quadrato, e detrarre altresì le perdite cagionate per gli attriti, per l' inerzia che resiste al cambiamento di moto, in fine di ogni salita e d' ogni discesa dello stantuffo, e per altre resistenze passive.

890. L' esperienza ha dimostrato che la potenza attiva di questa macchina, non deve essere valutata che a 7 o 8 libbre per pollice circolare della superficie dello stantuffo *ricevitore*.

891. La velocità dello stantuffo è ordinariamente di 3 piedi per ogni minuto secondo. Dietro questi dati, si potrà agevolmente paragonare la forza d' una macchina a semplice effetto (conoscendo il diametro del suo stantuffo) alla forza equivalente d' un dato numero di cavalli, supponendo che un cavallo eserciti una trazione di 175 libbre con una velocità di 12,000 piedi l' ora, o 3 piedi e un terzo al minuto secondo, velocità che è quasi uguale a quella che acquista lo stantuffo della macchina a vapore.

892. Una macchina a semplice effetto consuma all' incirca 5 libbre di carbon fossile in 24 ore per ogni pollice circolare della superficie dello stantuffo. Osservasi per altro che in alcune grandi macchine, il consumo è minore, ed è limitato in 24 ore a 3 libbre e mezzo per pollice circolare. Il signor *Heron di Villefosse* (1) racconta che nelle

(1) *Ricchezza minerale* tom. III. pag. 67.

macchine impiegate in Slesia, il consumo è come abbiamo dichiarato, e che ad Anzin si riduce a 2 libbre di buon carbon fossile. Racconta in oltre che nelle macchine di Slesia, il consumo dell' acqua fredda ch' esige la condensazione, ascende in 24 ore quasi a 1400 pollici cubi per ogni pollice circolare della superficie dello stantuffo; che in altre macchine di simil genere, questo consumo è qualche volta minore, e si ristringe allora in 24 ore a circa 1150 pollici cubi per ogni pollice circolare della superficie dello stantuffo, sebbene alcune volte eccede il primo numero.

893. Il signor *Heron di Villefosse* aggiugne, che nella Slesia si ammette nella pratica, che un pollice cubo d' acqua procacci 1000 pollici cubi di vapore.

MACCHINA DI *WATT* A DOPPIO EFFETTO ED A ROTAZIONE.

894. Stimasi che il consumo del combustibile in 24 ore sia 7 libbre per pollice circolare dello stantuffo in causa dell' effetto doppio, ciò che limita questo consumo a 3 libbre e mezzo per l' effetto semplice. Qualche volta il consumo è maggiore, ed ascende sino a 10 libbre per l' effetto doppio.

895. Nelle macchine a doppio effetto, si attribuisce comunemente allo stantuffo la velocità di tre piedi e un terzo per ogni minuto secondo, il che corrisponde a 30 pulsazioni compiute al minuto.

896. Si valuta che la forza di una macchina, il cui stantuffo abbia 15 pollici di diametro, equivalga a quella di 8 cavalli.

MACCHINA A DUE CILINDRI, ED A FORTE PRESSIONE.

897. Questa macchina consuma in 24 ore 120 libbre di buon carbon fossile per produrre una forza eguale a quella di un cavallo, o sia 3 libbre e nove decimi per pollice circolare della superficie totale dei due stantuffi; in quelle stabilite nelle miniere d' Anzin, si è osservato che il consumo era un poco minore, e riducevasi a 3 libbre e due decimi.

898. Paragonando siffatta macchina con una a doppio effetto, si riconobbe che quest' ultima per avere la forza di 10 cavalli, deve essere corredata di un cilindro, il cui diametro sia 17 pollici; e consumerà in 24 ore 216 libbre circa per la forza d' ogni cavallo, o sia 7 libbre per pollice circolare dello stantuffo.

899. Nella macchina a due cilindri della forza di 10 cavalli, la

temperatura del vapore ascende ordinariamente a 97 o 112 gradi, e la sua forza espansiva uguaglia la pressione di due o tre atmosfere; in pratica, tale pressione è valutata nella macchina suddetta a 14 libbre per pollice circolare della superficie dei due stantuffi. Il grande stantuffo ha 16 pollici di diametro, ed il piccolo che non comprende se non il quarto della capacità del grande ne ha per conseguenza 8. Il rapporto del consumo del combustibile di questa macchina con quello della macchina a doppio effetto sta come 5 a 9. Il consumo dell' acqua per la condensazione è ugualmente minore, ma la sua costruzione è più costosa, ed il suo moto meno regolare.

900. Il signor *Edwarts* ha trasportato in Francia questa ingegnosa macchina, l' invenzione della quale è attribuita al signor *Wolf*. In coteste sorta di macchine, due cilindri della medesima altezza sono posti a livello l' uno appresso l' altro; ma il più piccolo ha soltanto la metà del diametro del grande, e quindi la sua capacità non è che il quarto di quella dell' altro. I due stantuffi sono attaccati al parallelogrammo dello stesso bilancere, talmente che si alzano e si abbassano nel medesimo tempo, percorrendo uno spazio quasi eguale.

901. Il vapore entra primieramente nel piccolo cilindro tanto sopra che sotto, di poi passa dalla parte superiore del piccolo cilindro alla parte inferiore del grande, ed all' opposto dalla parte inferiore del piccolo alla superiore del grande, essendo perciò disposti dei tubi. Il vapore non passa nel condensatore che dopo aver agito nel piccolo e nel gran cilindro, così li due tubi del refrigerante comunicano col gran cilindro; e quelli che conducono il vapor motore della caldaia alla macchina, lo costringono a metter capo nel piccolo cilindro, dopo averlo fatto passare fra le pareti esterne del gran cilindro, ed un tubo metallico che lo circonda; con tale ingegnosa disposizione, le pareti di questo cilindro conservano sempre dei gradi di temperatura uguali a quelli del vapore.

902. Ecco qual è l' effetto della presente macchina allorchè gli stantuffi cominciano a scendere: i tubi conduttori del vapore, e le loro valvole sono disposte in guisa che il vapore viene introdotto simultaneamente nella parte superiore, ed inferiore del piccolo stantuffo, ed al di sopra dell' altro stantuffo nel gran cilindro, avendo esso vapore una eguale intensità in questi tre luoghi; ma nel tempo stesso succede il vuoto per la condensazione nella parte inferiore del gran cilindro, di maniera che questo stantuffo è spinto dalla forza totale del vapore che agisce sulla superficie superiore, e strascina il piccolo stantuffo nella sua mossa.

903. A misura che gli stantuffi scendono, il vapore contenuto fra essi

occupa progressivamente uno spazio più grande, diffondendosi nella parte superiore del gran cilindro, cui la discesa dello stantuffo ha lasciata libera: ora non potendo il vapore occupare uno spazio maggiore senza perdere una porzione della sua energia, la sua pressione sul grande stantuffo diminuisce; ma d' altro canto, l' equilibrio cessa d' esistere fra il vapore che preme il piccolo cilindro al di sopra, il quale vapore è sempre costante a quello al di sotto che s' affievolisce per la ragione che abbiamo adotta; ne risulta pertanto che il piccolo stantuffo acquista di forza, mentre ne perde il grande; ma questo utile, e questa perdita non si compensano esattamente, tal che nella discesa dello stantuffo lo sforzo maggiore avviene sul principio della discesa; ma quando lo stantuffo è pervenuto a mezzo del suo corso, lo sforzo non è quasi che la metà del precedente, ed in fine di esso corso, è un poco più di un terzo. I medesimi effetti si manifestano in modo opposto allorchè salgono gli stantuffi. Le irregolarità del moto che abbiamo dichiarate sono corrette mediante l' azione regolatrice di una volanda.

MACCHINA A VAPORE PORTATILE DEL SIG. *PERRIER*, (*tav.* 27, *fig.* 12.)

904. I signori *Perrier* credettero essere cosa utile alle arti il costruire una macchina a vapore, in guisa che collocar si potesse senza spese nel centro di un' officina, e renderla dirò così, portatile; perciò eglino inventarono la macchina rappresentata dalla fig. 12, il cui cilindro A, nel quale agisce il vapore, è collocato orizzontalmente, e fissato sulla tinozza B, o serbatoio d' acqua d' iniezione. Il gambo *c c* dello stantuffo passa pei due capi del cilindro, e può far muovere colle sue due estremità qualunque macchina. — *d d*, condensatore; — *e*, tromba che serve per espeller l' acqua proveniente dall' iniezione, la quale avendo acquistato un certo grado di calore, è impiegata in parte ad alimentare la caldaia, cioè a riparare le perdite cui l' esalazione le ha fatto provare.

905. Il bilancere *f* pone in moto il gambo della tromba *e* ed il regolatore che agisce per l' intermedio del gambo *x*; il bilancere riceve esso medesimo il moto del telaio *m m* trattenuto fra le due scannellature *z z*, e che è spinto e tratto alternativamente dalle due estremità del gambo *c c* dello stantuffo ricevitore contenuto nel gran cilindro; a tale oggetto, esso bilancere è terminato nella parte inferiore dall' arco di cerchio *p* sul quale s' avvolgono, e si svolgono a vicenda due coregge o catene, l' una delle quali è appiccata da un canto all' estremità *r* dell' arco *p*, e dall' altro al punto *s* del telaio *m m*, essendo la seconda attaccata al

punto opposto t, e v. Si comprende benissimo che mediante questa disposizione; quando il telaio percorre orizzontalmente un certo spazio da una parte, strascina pel suo moto, ed obbliga ciascuna delle estremità p, x, y, a descrivere degli archi di una grandezza corrispondente, e a far muovere nell' istesso tempo la tromba, ed il regolatore: ognuna di dette estremità è fornita di un arco di cerchio onde prevenire le obbliquità della trazione. Così l' arco p è destinato a ricevere la comunicazione del moto per l' intermezzo del telaio mm, il quale non facendo che un solo corpo colle due estremità del gambo dello stantuffo ricevitore, è mosso immediatamente dallo stantuffo stesso. L' arco y trasmette il moto alla tromba del condensatore e; e finalmente l' arco x fa agire il regolatore, il cui uffizio è, conforme si sa, di aprire due delle quattro valvole che regolano l' azione della macchina, e di chiudere le altre due: talmente che, se da una parte dello stantuffo, la valvola che ammette il vapore della caldaia, (che non è rappresentato dalla figura, neppure il regolatore) è aperta, quella destinata a stabilire la comunicazione col refrigerante, è chiusa, ed all' opposto, dall' altra banda, quella che corrisponde nel tubo conduttore del vapore è chiusa, e così reciprocamente.

906. Questa macchina semplicissima, di poca mole, e di facilissimo trasporto, può essere impiegata con buon esito in un' infinità di circostanze, e spezialmente nelle miniere, quando l' estrazioni non sono che temporanee. Si potrebbe eziandio impiegarla negli esaurimenti d'acqua che hanno per iscopo di disseccare un padule, ed in quelli che si eseguiscono nei lavori idraulici per asciugare l' interno di una tura.

907 Il signor *Manoury* ha inventata non ha guari una macchina a vapore destinata principalmente ad innalzare le acque. Questa bella macchina è una prova novella del ferace ingegno di questo artefice, autore di molte invenzioni pregevoli, particolarmente della *danaide* e dell' *idreolo*. Si stabiliscono ora macchine di tal fatta ne' macelli di Parigi, cui ci riserbiamo di descrivere sì queste come quelle inventate testè dal signor *Cagnard Latour* allora quando l' esperienza avrà confermate le favorevoli prevenzioni che hanno fatto concepire.

NUOVE RICERCHE

SULLA TEORICA E SULLE PRATICHE APPLICAZIONI

DELLA

PERCOSSA IDRAULICA

DI

GIAMBATISTA MAGISTRINI

Seguendo le due note proprietà dei liquidi dell' uguale propagazione in ogni senso di un urto, che in qualunque punto loro venga dato, e dell' uguaglianza di sforzo reciproco tra una massa liquida, e un' altra solida, qualunque delle due corra a percuotere l' altra posta in quiete, l' incontro operandosi similmente nei due casi, e con pari momento; ideai nello scorso anno il progetto di sostituire nell' Ariete Idraulico l' esterna artificiale percossa dell' acqua della conserva a quella che l' acqua procura a se stessa nel condotto orizzontale contro l' animella di fermata; e ne feci argomento di una memoria, che presentai al *Pontificio* Istituto, e che fu poscia pubblicata negli Opuscoli Scientifici di Bologna.

Allettato vieppiù in seguito dalla somma utilità, che la pratica ritrarrebbe da quel progetto, e dal molto lume eziandio, che ne deriverebbe in generale alla scienza del moto dell' acqua forzato, e discontinuo, deliberai di richiamarlo per intero a nuovo più accurato esame, e di verificare io stesso i miei risultamenti coll' esperienza. Ora se l' amore di questa novella fatica non m' ha gravemente ingannato, il frutto, che ne raccolsi, è quel maggiore, che nello stato presente del calcolo, e dell' idraulica io potessi desiderare. Perciocchè ho ridotto la macchina già da prima ideata alla più semplice, durevole, ed efficace struttura, che le convenga: una seconda ne ho immaginata atta del pari a imitare dappresso l' ariete primitivo: da entrambe costruite

con dimensioni di sufficente grandezza ottenni effetti pienamente soddisfacenti: in fine di entrambe, e dello stesso ariete di Montgolfier condussi a termine una comune fisica spiegazione, e un calcolo comune, posto il quale risultano essenzialmente imperfette colla mia stessa memoria antecedente tutte le teoriche dell' ariete idraulico finora pubblicate. Delle quali cose tutte offro agli intelligenti in questa seconda dissertazione fedele, e compiuto ragguaglio.

I.

Ariete Idraulico a percossa esterna.

1. Così denomino la prima delle accennate due macchine, alla quale ora assegno la forma seguente. Il vaso cilindrico verticale I D E H, figura 1. fermato stabilmente sul fondo dello stagno, o della corrente M N, da cui debbasi innalzar l' acqua, riceve nell' interno il cilindro minore verticale *i d e h* ermeticamente annestato nel mezzo del suo coperchio H E, e terminato a qualche distanza dal suo fondo. Il primo vaso sarà la campana destinata a contenere nella parte superiore l' aria compressa, il secondo farà l' ufficio di recipiente o conserva artificiale del nuovo ariete. Questo è cinto nella sua estremità inferiore da grosso e largo anello *d i*, al quale è raccomandata una valvola *v v*, che si apre d' alto in basso, e dà, e toglie la comunicazione fra i due vasi. In quello stesso anello oltre alle staffe, e al cappello della valvola sono piantate tre o quattro verghe di ferro *p*, *p*, che incastrate nel fondo I della campana tengono questa vieppiù collegata col recipiente. Nell' altra estremità porta il recipiente uno stantuffo, o grosso coperchio mobile interno Q, il quale sporge di sopra con forte manico, onde ricevere le percosse d' un maglio P sovrastante raccomandato a corda, o catena, che *s'* avvolge a ruota dentata superiore, e mette l' ariete a portata dell' azione d' una corrente d' acqua, o d' altro motore qualunque esterno. Il maglio è tenuto sulla direzione dell' asse verticale della macchina da due guide di ferro *t r*, che infilano i trafori corrispondenti di due sue branche orizzontali *s*, *s*. Alle stesse guide è affidato il piccolo telaio, che contrasta di sopra colle alette del maglio, e di sotto con due alette simili dello stantuffo, quando l'uno e l' altro vengono rialzati; e quando il maglio cade, scorre anch' esso negli occhi delle alette dello stantuffo, e *s'* abbassa fino in *h* e in modo, che non soffre per la percossa dello stantuffo alcuno strappamento. Presso alla campana il recipiente presenta all' acqua esterna due aperture opposte munite di robuste valvole *m* inclinate all' infuori, che

rialzandosi lo stantuffo, si aprono, indi si chiudono pel proprio peso anche prima della percossa. A rialzare lo stantuffo gli si potrebbero applicare in vece del suddetto telaio due leggieri elastri laterali, o più semplicemente, massime nelle costruzioni in grande, una solida spranga cilindrica piantata sul mezzo della testa dello stantuffo, che infilasse libera direttamente una scanalatura del maglio sormontandolo per riceverne l' opportuno contrasto. Così l' afflusso dell' acqua esteriore potrebbe procurarsi per mezzo anche di un traforo attraverso allo stantuffo medesimo munito di una valvola inferiore, che sotto la percossa si chiudesse. Da un foro Z finalmente scolpito nella parete della campana, e in vicinanza del fondo sorge il solito tubo d' elevazione Z S. Penetra l' acqua dapprima in questo tubo sino all' altezza del livello esteriore passando d' intorno alle valvole *m*, *m*, *v v*, isolando l' aria della campana, e tenendola in quel primo grado di compressione, che importa la profondità della bocca del recipiente sotto l' esterno livello. Allora chiudendo la valvola di comunicazione, e versando nel tubo nuov' acqua per la sua bocca superiore, presto la gravità specifica della valvola stessa rimarrà vinta, e più non sarà d' uopo di darle mano per togliere la comunicazione fra il recipiente, e la campana.

2. In tale stato dell' ariete il maglio cadendo prima da piccole altezze, indi costantemente da un' altezza prescritta sul coperchio mobile percuote l' acqua del recipiente, la quale investe subito la valvola inferiore, l' incalza fino al suo ritegno, e si slancia d' intorno ad essa nella campana, finchè l' elasticità crescente dell' aria imprigionata non ne ha spenta tutta la forza contratta dalla percossa. Cessato questo movimento diretto, l' elasticità dell' aria della campana resta prevalente, e solleva tosto la valvola di comunicazione, l' acqua sovrincombente, lo stantuffo, e il maglio. Al che soccorre prontamente l' agente esterno riconducendo tutto il sistema allo stato primitivo. Frattanto la perdita d' acqua fatta dal recipiente viene riparata dalle luci *m*, le cui valvole si aprono, tostochè si serra quella di comunicazione colla campana. Ripetendosi le percosse del maglio i getti successivi d' acqua nella campana ne condensano sempre più l' aria rinchiusa; l' acqua s' avvia quindi sempre più celere nel tubo di salita; e giunta al punto di scarico dà principio a un getto, o zampillo, che presto diviene periodico, e di forza e portata costante, oscillando allora l' acqua della campana tra due livelli permanenti X Y, X' Y'.

Per molti importanti vantaggi è preferibile ad ogni altra questa disposizione del nuovo ariete. La valvola di comunicazione normale alla direzione della percossa ne risente tutta intera la forza. Per la stessa circostanza uguale essendo su tutti i punti della valvola il contrasto

dell' acqua del recipiente da una parte, e dell' aria della campana dalla parte opposta, libera debbe riuscire l' una, e l' altra sua corsa, e immune la sua guida da urti laterali, e da sconcerti. La campana, e il recipiente forman ora un corpo solo perfettamente collegato, e l' azione violenta della percossa, cui prima tutta portava il solo recipiente, ora è ripartita ugualmente sopra l' intera macchina, diretta sul suo asse, e ricevuta da tutti gli appoggi.

3. Divisione del giuoco interno della macchina. I. Chiamo colpo dell' ariete l' azione sua compresa fra due percosse consecutive, quando per tutto questo tempo dura il moto dell' acqua nel tubo ascendente. Quando vi avrà interruzione di questo moto fra due percosse consecutive, il totale intervallo dirassi alternativa, e colpo dell' ariete quella sua parte, in cui si farà elevazione d' acqua. II. Chiamerò intervallo di percossa quel primo tempo, che viene speso tra l' istante della caduta del maglio sulla testa del coperchio mobile, e l' arrivo della valvola di comunicazione al termine della sua corsa, alludendo alle due percosse, che qui succedono, quella, che l' acqua del recipiente riceve in principio dal maglio, e dal coperchio mobile, e quella, che l' acqua stessa dà in fine alla valvola nell' atto che questa urta la sua staffa d' arresto. III. Intervallo d' iniezione lo spazio di tempo consecutivo durante il quale sta aperta la valvola, e aderente al suo ritegno. IV. Intervallo di respiro il tempo del ritorno della valvola stessa al suo limite superiore. V. Intervallo di riposo quello cha in seguito frappone l' agente esterno a rinnovare la percossa.

4. Questa divisione del giuoco della macchina si riscontrerà sempre vera, finchè sarà necessaria una valvola di comunicazione destinata ad aprire l' ingresso nella campana all' acqua urtante, e ad impedirne l' uscita dopo d' avervela introdotta. Dovrà dunque la stessa divisione riguardarsi essenzialmente propria anche dell' ariete primitivo, il quale differisce dal nostro, come si vedrà meglio in seguito, pel solo diverso modo di generazione della forza motrice principale. Ma nelle spiegazioni finora venute in luce dei fenomeni di quest' ariete non tutti i divisati intervalli furono considerati. Nella storia delle numerose, d' altronde utilissime sperienze, che ne sono state fatte, nessuna special menzione s' incontra della corsa della valvola di salita. L' intervallo di percossa, e quello d' iniezione, che nella struttura, e nelle applicazioni ordinarie fuggono colla rapidità del lampo, vennero dai geometri confusi insieme in un' epoca sola; errore ben facile a commettersi in mezzo all' enorme complicazione di calcolo, che per essi aveasi ragione di temere, e in mezzo a tanti esempi d' innocue approssimazioni, che hanno con questa la più grande analogia. Frattanto la comodità dell' ommissione degli infinitesimi della fisica andava anche la sua volta a urtare

in quella sottile eccezione, che costò più d'una caduta nel calcolo infinitesimale, in quella eccezione, voglio dire, per la quale non è lecito trascurare nemmeno le quantità piccolissime, quando alla presenza loro nel calcolo alcun filo maestro s' attiene della vera legge del fenomeno, o soggetto qualunque della ricerca. Nè dell' errore della precoce semplificazione, di cui ragioniamo, poteano dar sentore spontaneamente le sperienze, comechè variate, e diligenti, che si andarono ripetendo dell' ariete. Perciocchè eseguite tutte sotto carico d' acqua della conserva notabilmente grande in confronto delle altezze del tubo di salita, e fors' anche del giuoco della valvola, l' influenza della premessa distinzione, quand' anche fosse stata presa di vista, sarebbesi smarrita in mezzo alle incertezze di tutti gli altri elementi, che per tal modo lasciavansi predominare sugli effetti risultanti. Tale fu senza dubbio la cagione per cui gli autori, che più accuratamente investigarono il fenomeno dell' ariete di Montgolfier, soddisfatti non sono ancora essi stessi dei propri tentativi. Frai quali però osservo con piacere non doversi confondere il mio collega professore Venturoli, che nella sua Dissertazione sopra questa macchina fece tali riflessioni intorno alla corrispondenza di movimento, che regnar debbe tra la valvola di salita, e quella di dispersione, che liberato come io fui dalla distrazione della seconda, avrebbe senza dubbio avvertita, e soggettata al calcolo la totale influenza della prima valvola.

5. Non è certamente da dissimularsi, che nell' abbracciare tutto l' esposto divisamento dell' azione dell' ariete molti nuovi ostacoli si frapporranno al conseguimento dell' ultima precisione. Ma già senza quest' aggiunta eravamo ancora ben lontani dal poter aspirare a tale intento; siccome generalmente nelle applicazioni di qualche importanza del calcolo alla fisica pochi sono i casi, che oppongano uguali difficoltà a chi non voglia con intempestive semplificazioni correre il rischio di lasciarsi fuggir di mano la genuina legge del fenomeno, che forma il soggetto della quistione. Accade però d' ordinario che la legittima, comechè lenta approssimazione soddisfa abbondantemente ai bisogni del pratico, se non compie almeno in parte anche i voti del calcolatore. Ne v' ha forse approssimazione di fisico quesito condotta con pazienza, e accorgimento, che non porga lume da qualche lato a rigorosa conclusione di parziali verità importanti, e non iscorga almeno a conseguirne coll' esperienza molte altre, che andrebbero perdute nella complicazione del calcolo esatto.

Piuttosto sono da temersi nel proposito nostro le molte incertezze, in cui siamo tuttora intorno al vero meccanismo, e agli intrinseci effetti del conflitto mutuo dei fluidi tra loro, e coi corpi solidi, che tanta

parte si è del presente problema, e intorno al complesso delle resistenze, che presenta un vaso discontinuo ad una massa fluida, che lo percorre. Sopra questi, ed altri punti fisici parimente oscuri mi attenni alle ipotesi più sicure e ai metodi più sperimentati dei migliori maestri delle cose idrauliche; e non ho mancato di sottoporre l' uso che ne feci, alla decisione dell' esperienza consultandola sinceramente.

6. Proprietà degli intervalli d' azione del nuovo ariete, e fondamenti del calcolo di ciascuno. La massa d' acqua del recipiente risponde alla percossa del maglio nel primo istante come corpo solido, e colla legge della comunicazione del moto nell' urto dei copi solidi opera in quel medesimo istante contro il piano della valvola, sul quale s' appoggia, e tutta per mezzo di essa trasmette la forza ricevuta all' acqua sottoposta della campana. Ma a questa offrono pronto e ampio ricetto e il tubo ascendente, e l' aria della campana; ond' è, che la sua fluidità entra tosto in esercizio, e la sottrae a tanto sforzo in tutte le direzioni. Quindi la valvola discende, e con essa tutto il sistema superiore, maglio, coperchio mobile, e acqua del recipiente. Ciò posto, non si ricuserà di ammettere, che la velocità immediatamente residua dopo l' urto nell' acqua del nostro recipiente, che si deve intendere libero da ogni stringimento di sezioni, si misuri dal prodotto della velocità finale della caduta del maglio moltiplicata per la massa di questo, e divisa per la somma delle masse di tutto il sistema, compreso il cilindro d' acqua, che ha per base la bocca del recipiente, e per altezza quella del livello dell' acqua stessa della campana. Così penso, che misurare si possa la velocità iniziale dell' acqua urtante, colla quale ha principio l' intervallo di percossa del nostro ariete. Veramente anche la colonna dell' acqua ascendente viene smossa dall' urto, ed ha parte nel tenore di movimento, che ne conseguita in tutta la macchina. Sopratutto concorre a modificarlo il contraccolpo dell' acqua direttamente opposta alla valvola, e del fondo della campana. Ma oltrecchè la strettezza dell' imboccatura del tubo di salita a poco deve ridurre l' azione sua sull' effetto della percossa, avremo modo di scansare affatto nel calcolo la difficile considerazione di quest' elemento; e 'l pronto soccorso della fluidità dell' acqua in tanta vicinanza dell' esteso contatto coll' aria della campana congiunta forse al distendimento delle pareti deve rendere insensibile il danno del contraccolpo. Tale almeno viene comprovato dall' esperienza. Credo poi esente da ogni pericolo il prescindere dall' eccesso di gravità specifica della valvola, e dall' inerzia della massa dell' aria della campana.

7. La massa dell' acqua del recipiente incalzando con quest' impeto residuo la valvola respinge insieme l' acqua, che d' intorno si presenta

all' apertura, che la valvola procura sempre maggiore discendendo. Ora semprechè la valvola non ecceda in gravità specifica l'acqua, e non soffra altre resistenze fuorchè l' unica dell' acqua sottoposta, è chiaro, che d' ugual passo cederanno sotto l' acqua urtante e la valvola, e l' acqua mano a mano scoperta d' intorno ad essa.

Se ciò si verifica, come è evidente, nella corsa diretta della valvola di comunicazione, non v' ha motivo di pensare, che diversamente avvenir debba nella corsa reciproca dell' intervallo di respiro; allorchè prevalendo le forze interne della campana, l' acqua di questa investirà la valvola, tenterà di rifluirle d' intorno per l' apertura medesima, per la quale venne introdotta. Ma di qui deriva l' importante conseguenza, che gli intervalli di percossa, e di respiro nulla contribuiscono per se soli all' alimento della campana, e del tubo di salita. Perocchè quant' acqua s' avanza nella campana nel primo dei due intervalli occupando la piccola cavità conica, o cilindrica abbandonata dalla valvola, altrettanta nè più nè meno ne fugge per la stessa via nel secondo. E questa è la prima fra le proprietà essenziali dell' interno giuoco dell' ariete, che per l' ommessa separazione di questi due intervalli non furono avvertite.

8. Tale essendo il momento dell' acqua del recipiente residuo dopo l' istante della prima percossa da poter sospingere la valvola sino al limite della sua corsa, succederà quivi una seconda percossa corrispondente alla massa, ed alla velocità attuale dell' acqua urtante, dello stantuffo; e del maglio, la forza della quale sarà rivolta contro l' apertura armillare, che circonda la valvola, e produrrà un nuovo tenore di movimento, col quale l' acqua urtante oltrepasserà la valvola seguitando a respingere l' acqua adiacente della campana. E l' influsso, che per tal modo verrà operato, sarà tutto utile, e non potrà sottrarsi alla campana fuorchè pel tubo d' elevazione; giacchè il riflusso dell' intervallo di respiro non restituirà, come abbiamo notato poc' anzi, al recipiente se non l' acqua sospinta dietro alla valvola in quello di percossa.

9. Conchiuderemo adunque, che di tutti gli intervalli del giuoco così della nostra macchina, come di quella di Montgolfier, l' unico, che serva materialmente ad alimentarla, è quest' ultimo, che chiamammo d' iniezione. Dunque se la forza generata dalla percossa nell' acqua del recipiente, o l' impeto della corrente naturale di Montgolfier sostenuto dalla valvola di fermata non è tale, che valga a portare la valvola di comunicazione sino al termine della sua corsa, o rimanga estinta nell' atto dell' arrivo di essa al suo ritegno; l' effetto dell' ariete sarà assolutamente nullo. Ne la durata in ogni caso estremamente piccola dell' intervallo di percossa può muover dubbio contro questo ragionamento

a chi consideri, che in un tratto impercettibile di tempo tutta si estingue la forza enorme della palla, e del cuneo tra le fibre dell' albero, in cui penetrarono, e a profondità piccolissime. Non è dunque vero ciò, che sembra credersi comunemente, che la portata dell' ariete non sia mai geometricamente nulla sotto qualunque altezza del punto di scarico, ma soltanto asintotica, o indefinitamente piccola al crescere di quest' altezza indefinitamente. E quest' errore, il ripeto, non è maraviglia, se colle sperienze fatte sinora non potè discoprirsi, nè rilevarsi col calcolo. Non si ebbe verun sospetto della sua origine, perchè nella descrizione di tali sperienze, non si fa verun cenno separato della tratta della valvola di comunicazione, che nel caso contrario sarebbe stata del numero dei più indicati elementi, e soggetto quanto ogn' altro di particolari tentativi, e riprove. Dal sospetto distoglieva per avventura il principio fisico, che l' effetto della percossa contrapposta alla semplice pressione non è mai nullo. Infine la scelta delle cadute, e delle masse d' acqua urtante, e delle altezze di scarico fu tale, che la serie delle portate mentir dovea necessariamente la forma indefinita; e non poteasi sperare di rinvenire in essa quel termine decisivo sì improvvisamente, e straordinariamente piccolo, che dovea dar occasione a ravvedimento. Ma per ciò stesso io reputo tanto più degni di plauso, e di riconoscenza gli illustri professori, che coltivarono questa bella applicazione della percossa idraulica; giacchè in mezzo, dirò così, alla comune necessità di sì lusinghiero abbaglio della teoria seppero preservarne la pratica nelle conclusioni delle loro sperienze, e rinunziarono con nobile abbandono al maraviglioso della macchina, che stavano perfezionando, quantunque non ve gli astringesse la serie dei risultati, ai quali erano limitate le loro osservazioni.

10. La distinta considerazione in oltre dei mentovati intervalli d' azione mette ora nel più chiaro lume il vero posto, che all' ariete appartiene fra le macchine idrauliche dirette al medesimo intento. Poichè l' artificiale percossa, o la caduta naturale dell' acqua esteriore, vediamo ora, che a null' altro serve fuorchè ad accumulare nella massa d' acqua adiacente alla valvola di comunicazione una quantità di forza motrice, che il solo peso del maglio, che le fosse sovrapposto, o il solo carico immediato della conserva non basterebbe a farle acquistare. Ma se quella forza è maggiore della semplice pressione del corpo, che l' ha generata mediante una caduta, non cessa però d' aver per misura in ciascun istante una cert' altra pressione assegnabile; e tutto proprio dell' ordinaria pressione apparisce ora il progressivo suo consumo, ed effetto. Non si può dunque riguardare nell' ariete idraulico che una semplice tromba premente, e il divario n' è puramente estrinseco, e

accidentale, consistendo nella sola diversa amministrazione, e preparazione della forza motrice sopra una stessa massa d' acqua destinata al medesimo uso, e posta nelle medesime circostanze.

11. Nulla dissi finora dell' utilità dell' aria compressa nella campana. Comunemente se ne crede necessaria la presenza al solo oggetto di evitare il danno della scossa, e dilatazione delle pareti della macchina, e di procurare continuità nel getto di scarico ripartendo mediante l' elasticità di questo fluido sopra una maggiore durata il troppo rapido effetto della percossa. Ma oltre a queste due proprietà dell' intervento dell' aria isolata, questa ancora io penso, che principalmente la distingua, d' essere il più eccellente preservativo del movimento generato dalla percossa contro gli ostacoli che lo circondano. Mancando l' aria nella campana, l' azione della percossa, forz' è, che si estenda d' un sol tratto dal punto urtato fino alla sommità del tubo d' elevazione. Ora l' adesione, e l' attrito delle molecole dell' acqua fra loro, e colle superficie, sulle quali trascorrono, l' obbliquità dell' imboccatura del tubo per rispetto alla direzione della percossa, l' angustia dell' imboccatura medesima in confronto della luce d' iniezione esterna debbono riunire contro sì rapida e violenta comunicazione di moto una resistenza di gran lunga maggiore di quella, che farebbero contro una più mite, sebbene alquanto più lunga pressione atta a produrre l' effetto equivalente. In questo caso si muove l' acqua nella macchina in qualità di fluido piucchè nel primo. Nel primo caso l' acqua della campana, e del tubo è una massa che si muove strisciando sopra un' altra, e spezzandosi in ogni senso; nel secondo è una massa, che procede innanzi piuttosto rivolgendosi sopra se stessa, e aprendosi sulle linee della più facile rottura. La moderata pressione lascia, dirò così, alla fluidità il tempo necessario per comporre la corrente sulla direttrice del minimo impedimento delle rivolte, e delle sinuosità. Nel nostro caso questo ripiego di far riserbo dell' impetuosa forza della percossa per erogarla in più ordinata pressione è il più vantaggioso di quanti si possano ideare. Perciocchè se ne fa depositario l' elemento il più pronto, e fedele a restituirla in tutti i sensi ugualmente; e la sua elasticità, che assume tale ufficio, non induce nel montarsi alcuna offesa maggiore in un punto che in un altro della macchina. La percossa viene accolta dall' aria in grande vicinanza della sua origine, e distribuita su tutti i punti dell' ampia superficie, che separa i due fluidi. Il prolungamento del getto di ciascun colpo, che deriva da questo artifizio, non può costituire sul totale prodotto dell' aricte che una piccola perdita. Già un intervallo assai maggiore della durata dell' immediato effetto della percossa è indispensabile al meccanismo qualunque, col quale si rinnova la

percossa medesima. Che se l' efflusso ad aria condensata durerà tuttavia al di là di questo termine, se n' avrà compensamento in una maggiore condensazione dell' aria, che lo renderà più forte e copioso. Per le quali circostanze è da tenersi pienamente giustificato l' uso generale dell' ariete a giuoco d' aria compressa. Trovansi di fatto confermate queste riflessioni da quelli fra i migliori sperimenti dell' ariete di Montgolfier, nei quali ebbe luogo il concorso del maggior numero delle accennate resistenze, e tanto più le troveremmo verificate, se dato fosse di separare nei risultati di quelli sperimenti il supplemento, che vi prestarono alla mancanza d' aria le tanto più ampie vibrazioni della campana, e dei condotti orizzontali di enorme lunghezza.

12. Resterebbe a dire dell' influenza appunto di questo dilatamento, e di queste vibrazioni, da cui non ostante il frapposto riparo dell' aria non andranno esenti le singole parti del nuovo ariete, e di quella, che avranno pure sull' effetto totale l' attrito, e l' imperfetta fluidità dell' acqua, la fuga di essa d' intorno al coperchio mobile, la variabile temperatura interna, e altri molti minori elementi. Ma il calcolo è ancora ben lontano da quella perfezione, che si richiederebbe per avere di tutti esatto riguardo, quand' anche di tutti la fisica ci dasse perfetta contezza. L' esperienza però di molti altri idraulici fenomeni analoghi al presente ci mostra, che questi elementi non influiscono, che nella quantità degli effetti, che ci proponiamo di indagare, che l' azione di ciascuno è assai piccola, e l' influenza simultanea di tutti non è nel medesimo senso, e rimane quindi compensata almeno in parte in se stessa. Sarà dunque miglior consiglio incominciare dal calcolo degli agenti primari, e dai casi del minimo intervento di tutte queste resistenze, riserbando ai progresi ulteriori dell' analisi, e della fisica l' assunto di correzioni, che sì poco frutto ci ripromettono, e che in vano, e forse con pericolo di più gravi errori si tenterebbero presentemente.

13. Elementi di costruzione del nuovo ariete. Fatto, quanto per me si potè, manifesto il proposito di questa nuova mia ricerca, passo a stabilire primieramente gli elementi del calcolo comuni a tutti gli intervalli d' azione del proposto ariete assegnado al solito algebraica denominazione a ciascuno.

Altezza del livello M N, che suppongo permanente dell' acqua esteriore sopra la valvola di comunicazione . . . . . a

Lunghezza del cilindro d' acqua di base, e peso uguale a quello del coperchio mobile . . . . . d

Profondità della base inferiore del coperchio mobile sott' acqua nell' atto di ciascuna percossa . . . . . b

Massa del coperchio mobile, e della sua armatura . . . . Q

Massa del maglio . . . . . P
Somma di queste due masse . . . . . m^2 M
Altezza della caduta del maglio . . . . . D
Base del coperchio mobile, e sezione del recipiente . . . m^2
Diametri delle basi della valvola . . . . . $\begin{cases} 2r \\ 2r' \end{cases}$
Sua grossezza . . . . . j
Sua corsa . . . . . e
Sezione della campana, detratta quella del recipiente . . . p^2
Sezione intera della campana . . . . . p'^2
Capacità della parte della campana superiore alla bocca del recipiente . . . . . $c\,p^2$
Sezione del tubo di salita, che suppongo cilindrico, e verticale . q^2
Profondità della sua origine sotto il piano superiore della valvola h
Lunghezza del tubo stesso . . . . . A
Altezza del livello dell' acqua della campana sopra la bocca del recipiente nello stato d' equilibrio fra l' aria compressa, e la colonna d' acqua, che riempie il tubo . . . . . c'
Altezza del tronco del recipiente uguale in capacità al tronco di cono, che percorre la valvola . . . . . b'
Apertura di comunicazione, che rimane dopo l' intera corsa della valvola . . . . . k^2
che avremo però $= m^2$
Gravità terrestre . . . . . g
Forza d' elasticità dell' aria naturale . . . . . gE
Densità dell' acqua I
Base dei logaritmi naturali . . . . . e'
Rapporto del diametro alla periferia del circolo . . . . . π.

La fisica, e la geometria ci porge fra questi elementi le prime formole, e valori metrici seguenti.

$$c' = \frac{A + E + c - h - \sqrt{[4cE + (A + E - c - h)^2]}}{2}.$$

$$k^2 = \frac{\pi e (r' - r)}{\sqrt{[j + (r' - r)^2]}} \left\{ 2r + \frac{ej(r' - r)}{j + (r' - r)^2} \right\}$$

$$b' = e + \frac{\pi e^2 (r' - r)}{2jm} \left\{ 2r + \frac{e(r' - r)}{j} \right\}$$

$$e' = 2{,}7182818$$

$g = 9{,}8087952$
$\pi = 3{,}1415926$

14. Elementi estremi di ciascun colpo, e di ciascun intervallo d' azione.

Sia incominciato l' alterno giuoco descritto dell' ariete, e il numero dei colpi già eseguiti sia . . . . . n

Trovisi l' acqua nella campana all' altezza . . . . . $c' + S_n$

sopra la valvola, e nel tubo all' altezza . . . . . L_n

sopra l' origine, e corra in esso con velocità . . . . . V_n

e con resistenza d' attrito . . . . . gq^2Y_n

nell' isante, in cui il maglio cadendo dà principio al nuovo intervallo di percossa, e al colpo . . . . . $(n+1)mo.$

Al principiare di questo primo intervallo . . . . . θ_{n+1}

del nuovo colpo la velocità, colla quale correrebbe pel ricevuto impulso il cilindro acqueo del recipiente, se non incontrasse resistenze, sia . . . . . (U)

Allo spirare dell' intervallo medesimo la velocità dell' acqua del recipiente divenga . . . . . , U',

quella dell' acqua del tubo . . . . . V'

la resistenza d' attrito nel tubo stesso rimanga . . . . gq^2Y'

l' altezza dell' acqua in esso sia . . . . . L'

e nella campana . . . . . $c' + S'.$

Alla fine del susseguente intervallo . . . . . θ'_{n+1}

corra l' acqua nel tubo con velocità . . . . . V'',

con resistenza d' attrito . . . . . gq^2Y''

e giunga all' altezza . . . . . L''

sopra l' imboccatura. Nella campana tocchi l' altezza . . $c' + S''$

sopra la valvola. E lo stantuffo sia disceso alla profondità X_{n+1}

sotto il livello dell' acqua esteriore.

Col terminare del consecutivo intervallo di respiro . . θ''_{n+1}

la velocità, l' attrito, e l' altezza dell' acqua nel tubo notinsi con . . . . . $\left\{\begin{matrix} V''', \\ gq^2Y''' \\ L''' \end{matrix}\right.$

e l' altezza del livello della campana con . . . . . $c + S'''.$

L' intervallo di riposo . . . . . θ'''_{n+1}

compirà il colpo $(n+1)mo$, e saranno nel tubo la velocità dell' acqua . . . . . V_{n+1}

la resistenza d' attrito . . . . . $gq\,Y_{n+1}$,

e l' altezza . . . . . L_{n+1}

e l' altezza nella campana . . . . . $c'+S_{n+1}$

La portata, il tempo del colpo utile, e quello dell' alternativa siano . . . . . $\left\{\begin{matrix} F_{n+1}, \\ T_{n+1}, \\ T'_{n+1}. \end{matrix}\right.$

Sarà perciò, che abbiamo detto al num. 7, supposto $k'=m^2$,

$$(U)=\frac{P\sqrt{2gD}}{m^2(M+a-d+c'+S_n)}$$

La resistenza d' attrito tutti convengono seguire la legge dell' equazione

$$Y_n=HV_n+KV^2_n$$

ritenendo i coefficienti H, K costanti funzioni del raggio medio del tubo. Si tralascia la resistenza simile per riguardo alla campana, e al recipiente, attese la grandezza notabile delle loro sezioni, e la scarsa loro lunghezza.

15. Intervallo di percossa. Chiamo t una porzione qualunque della durata così di questo, come di qualunque altro intervallo, u la velocità residua, $x-b$ lo spazio percorso dall' acqua del recipiente al termine di questo tempo, $c'+s$, l le altezze corrispondenti dell' acqua nella campana sopra la valvola, e nel tubo sopra la sua imboccatura, v la velocità di salita, $g\varphi y'^2$ la pressione in una sezione y'^2 del vaso composto situata alla profondità z sotto il livello esteriore, z' una porzione della direttrice della corrente alla profondità stessa, k'^2 la sezione estrema del tronco, cui appartiene la sezione y'^2; u' la velocità dello sbocco per la luce k'^2; in fine $g\gamma y'^2$ la resistenza d' attrito, e di tenacità dell' acqua in tutta la sezione y'^2. La teoria del moto lineare ci somministra l' equazione

$$\delta\varphi=\delta z-\gamma\delta z'-\frac{k'^2du'}{gds}\frac{\delta z'}{y'^2}+\frac{k'^4u'^2\delta y'^2}{gy'^6}\quad(A)$$

la sola atta a condurci a qualche contatto coll' esperienza, e colla pratica in questo genere di problemi, dove d, δ sono i simboli delle differenziazioni relativa al tempo la prima, e relativa alla massa dell' acqua corrente la seconda. Di questa io farò uso col metodo stesso, e colle

modificazioni insegnate dal Prof. Venturoli; e ritenendo il termine $y\,\delta\,z'$ nel solo calcolo della corrente del tubo d' elevazione, che per la sua lunghezza, e ristretta sezione può rendere sensibile l' effetto dell' attrito. E cominciando dall' applicazione della formola al recipiente cilindrico, e verticale dovrem fare $k'^2 = y'^2 = m^2, z' = z, u' = u$. Passando alla campana avremo $k'^2 = y'^2 = p^2$, $u' = \frac{m^2 u}{p^2}$, e in oltre cangeremo il primo termine $\delta\,z$ del secondo membro della formola in $-\delta\,z$, atteso il moto contrario della gravità, che qui succede. Chiamiamo ora φ', φ'', φ''' le altezze, che misurano le pressioni in contatto dello stantuffo, alla bocca inferiore del recipiente, e sul livello dell' acqua della campana, e prescindiamo dal piccol tratto conico, che percorre la valvola, come se questa fosse un semplice disco, che chiudesse il recipiente combaciandosi coll' anello, che la sostiene. L' equazione (A) integrata relativamente alla massa della corrente tra i limiti del recipiente, e della campana offre i due risultati

$$\varphi'' = \varphi' + a - x - (a - x)\frac{du}{g\,dt}$$

$$\varphi''' = \varphi'' - c' - s - \frac{m^2}{p^2}(c' + s)\frac{du}{g\,dt}$$

La pressione in contatto del coperchio mobile è dovuta al peso di questo, del maglio, dell' acqua, e della colonna atmosferica sovrincombente. All' altra estremità preme l' aria condensata della campana secondo la legge della nota proporzione tra 'l suo volume, e la forza d' elasticità. D' onde deriva

$$\varphi' = \mathrm{E} + \mathrm{M} + x - d$$

$$\varphi''' = \frac{c\,\mathrm{E}}{c - c' - s}$$

Sostituendo questi valori nelle due equazioni trovate, e sommandole ne avremo questa delle forze sollecitanti dell' acqua del recipiente, e della campana

$$\left(a - x + \frac{m^2}{p^2}(c' + s)\right)\frac{du}{g\,dt} = \mathrm{E} + \mathrm{M} + a - d - \psi(s) \ldots (a)$$

fatto $c' + s + \frac{cE}{c - c' - s} = \psi(s)$

Servirà in seguito questa minuta esposizione di norma a tutte le altre applicazioni simili della formola generale.

Non abbiamo qui considerata la parte, che ha sul moto la colonna ascendente del tubo, e la sottrazione d' acqua, che nel tempo stesso vien fatta alla campana. Non so, con qual esito si potrebbe impiegare l' ipotesi del moto lineare per trarne in equazione i due moti contemporanei dell' acqua della campana uno d' elevazione nella campana stessa, l' altro di passaggio nel tubo di salita, a ciascun dei quali già sì poco s' adatta quest' ipotesi. La luce del tubo assai ristretta in confronto della sezione della campana potrebbe forse permettere, che si riguardasse come insensibile in mezzo all' impetuoso moto della massa totale l' efflusso contemporaneo per la via del tubo, e questo si calcolasse a parte come fatto da ampia vasca tranquilla di livello variabile. A questo modo la stessa equazione (A) per un' applicazione affatto simile alla precedente, fatto riflesso, che all' imboccatura del tubo la pressione sarebbe $= g q^2 (h + \psi(s))$, e alla cima della colonna ascendente $= g E q^2$, ne guiderebbe a questa seconda equazione

$$\frac{l\, dv}{g\, dt} = \psi(s) + h - E - l(1 + \gamma) - \frac{v^2}{2g}$$

cui resterebbe da aggiugnersi l' equazione della continuità della massa d' acqua in moto, o sia del riparto dell' acqua influente tra il tubo, e la campana

$$m^2 u = q^2 v + p^2 \frac{ds}{dt}$$

e queste due colla premessa (a) esprimerebbero nelle supposte condizioni il moto composto interno della macchina dell' intervallo di percossa. Del quale se ne dedurebbero gli elementi finali integrando tra i limiti dei valori di $t = o$, $u = (U)$, $x = b$, $s = S_n$, $l = L_n$, $v = \left(V_n\right)$; e $t = \theta_{n+1}$, $u = U$, $x = b + b'$, $s = S'$, $l = L'$, $v = V'$; denotando $\left(V_n\right)$ la velocità finale del colpo antecedente V_n accresciuta di quella parte, che le competerebbe dell' impulso generale violento dato a principio

del nuovo colpo a tutta la massa della campana dall' irruzione dell' acqua del recipiente.

Se però si considera la poca sicurezza, che tuttavia si avrebbe in siffatto processo, e l' estrema complicazione del sistema d' equazioni, che ne deriverebbero, si converrà meco essere partito di gran lunga migliore l' assumere per condizione del problema stesso, che in tutti i colpi impedito sia, e sospeso il moto dell' acqua nel tubo dall' istante della percossa esterna sino al termine dei primi due intervalli senza alterazione di carico, e di pressioni del tubo sopra la campana, e soltanto si riapra il tubo stesso al termine del seguente intervallo d' iniezione. Così si rende il calcolo assai più semplice, poichè vi si tolgono gli elementi intermedj L', L'', V', V''. Nè il prodotto dell' ariete, che allora chiamerò a getto accumulato, soffrirà tutto intero il discapito della già piccola quantità d' efflusso, che rende in questi due cortissimi intervalli. Poichè a percosse, e durate uguali dei colpi in ambi i casi il moto di salita più vigoroso, e prolungato, che verrà operato nel primo caso, abbastanza compenserà la sospensione dei due intervalli fatti allora di minor durata dalla maggiore prontezza del ritorno dell' aria al limite di sua compressione, e del chiudimento della valvola sollecitato con tutte le forze della campana. Assunta pertanto questa nuova condizione, non ci resterà che l' equazione (a), e quella della continuità, che diverrà

$$m^2 u = p^2 \frac{ds}{dt} \ldots (c)$$

ovvero

$$m^2 dx = p^2 ds$$

da integrarsi colla prima tra i limiti già accennati. Nella quale operazione gli elementi estremamente piccoli θ_{n+1}, $S' - S_n$, che formeranno parte essenziale del risultato, ci dispensano di ricorrere a mezzi trascendenti di trasformazioni, e di integrazioni ausiliarie; poichè le equazioni ammettono integrali algebraicamente ordinabili per le potenze di questi elementi, e la prima approssimazione dei medesimi è sufficente a tutti gli usi pratici, che potrà occorrere di farne. Così procedendo, e separando in oltre gli elementi finali dell' intervallo ottengo il primo sistema di formole

$$U=(U)-\frac{g\,e\,p\,p}{(U)(p\,p\,(a-b)+m\,m\,(c+S_n))}\,[\psi(S_n)$$

$$-a+d-E-M]$$

(l)

$$S'=S_n+\frac{m\,m\,e}{p\,p}$$

$$\theta_{n+1}=\frac{e}{(U)}$$

16. Intervallo d' iniezione. Cominciando questo intervallo dall' istante, in cui la valvola di comunicazione batte contro il suo ritegno inferiore sarebbe d' uopo, onde procedere a rigore, mettere in opra le formole insegnate da La-Grange per la misura dell' urto, e dello scarico d' una vena d' acqua contro un piano immobile, modificate a norma degli impedimenti particolari, che la circondauo nel nostro caso, e avuto riguardo al tronco conico, o cilindrico abbandonato dalla valvola nel discendere, nel quale si compie ora quel nuovo moto dell' acqua urtante, e nuovo tragitto nella campana, che forma l' essenza del giuoco dell' ariete. Ma sarebbe più pericoloso che utile impegnarci in questa sottile discussione: d' altronde la piccola altezza dell' apertura, che circonda la valvola, il moto preesistente dell' acqua della campana, il ritegno invincibile delle pareti del recipiente a ben poco sembra, che debbano ridurre il danno del nuovo contraccolpo, e l' alterazione di movimento prodotta dall' arresto della valvola, qualora la nuova apertura di sbocco nella campana sia, come la supporremo, almeno uguale in ampiezza alla sezione della colonna urtante. Non eccederemo dunque i limiti dell' approssimazione, di cui ci obbliga a contentarci l' ipotesi stessa del moto lineare; se tutta attribuiremo all' acqua del recipiente nel principio del nuovo intervallo la velocità U' dell' intervallo precedente. Sotto queste condizioni derivano dalla formola generale, e dalla condizione della continuità della massa fluida le stesse equazioni superiori (a), (c). Diversi soltanto sono i limiti dell' integrazione ora da eseguirsene; giacchè al principio dell' intervallo presente si ha $t=o$, $u=U'$, $s=S'$, $x=b+e$; e nel fine $t=\theta_{n+1}$, $u=o$, $s=S'$, $x=X_{n+1}$; dico $u=o$, $x=X_{n+1}$, poichè suppongo così disposta la macchina, che il coperchio mobile possa correre nel recipiente fino alla totale estinzione del moto del sistema, di cui formá parte. Ciò posto arrestando ora l' approssimazione degli integrali alle prime potenze della piccola differenza di livello dell' acqua della campana $S''-S'$, e facendo le opportune riduzioni si troverà

$$S' = S' + \frac{m m U' U' [p p (a - b - e) + m m (c' + S')]}{g p^4 [\psi(S') - E - M - a + d]}$$

(II) $$X_{n+1} = b + e + \frac{U' U' [p p (a - b - e) + m m (c' + S')]}{g p p [\psi(S') - E - M - a + d]}$$

$$\theta'_{n+1} = \frac{U' [p p (a - b - e) + m m (c' + S')]}{g p p [\psi(S') - E - M - a + d]}$$

Si noti, che il metodo di calcolo del moto lineare dell' acqua, di cui facciamo uso, darebbe gli stessi risultati, benchè la luce d' iniezione k^2 in vece d' essere uguale ad m^2 fosse maggiore.

17. Intervallo di respiro. Cessato l' influsso nella campana incomincia a farsi attiva contro il sistema del recipiente la forza accresciuta dell' aria rinchiusa rinserrando la valvola, e restituendo al recipiente la piccola quantità d' acqua da esso provenuta nell' intervallo di percossa. Se chiameremo adesso u la velocità di riflusso dell' acqua del recipiente ritenendo le stesse denominazioni superiori degli altri elementi variati, supponendo libero da attriti il coperchio mobile, e rimettendo in corso l' acqua del tubo ascendente, col metodo già indicato, e avuto riguardo all' abbassamento, che ora succede, del livello dell' acqua della campana, verremo alle equazioni

$$\left[a - x + \frac{m m}{p p}(c' + s)\right] \frac{du}{g dt} = \psi(s) - E - M - a + d$$

$$+ \frac{u u}{2g}\left(\frac{m^4}{p^4} - 1\right) \ldots (a)$$

$$l \frac{dv}{g dt} = \psi(s) + h - E - l(1 + \gamma) - \frac{v v}{2g} \ldots (b)$$

$$m m u + q q v = - p p \frac{ds}{dt} \ldots (c)$$

ovvero

$$q q dl - m m dx = - p p ds$$

da integrarsi tra i limiti $t = o$, $t = \theta''_{n+1}$, $u = o$, $u = U'''$; $x = X_{n+1}$, $x = X_{n+1} - e$; $s = S''$, $s = S'''$, $l = L'' = L_n$, $l = L'''$, $v = o$, $v = V'''$, posta $= U'''$ la velocità dell' acqua retrograda al chiudersi della valvola. Dal che per la prima solita approssimazione, che ci procura la differenza essa pure piccolissima $S'' - S'''$, viene

$$S''' = S'' - \frac{m\,me}{pp} - \frac{eqq(\psi(S'')+h-E-L_n)\,[pp(a-X_{n+1})+mm(c+S'')]}{L_n p^2(\psi(S'')-E-M-a+d)}$$

$$\theta''_{n+1} = \sqrt{\frac{|2e\,[pp(a-X_{n+1})+mm(c+S'')]}{gpp(\psi(S'')-a+d-E-M)}}$$

(III) $$U''' = \sqrt{\frac{2gepp(\psi(S'')-a+d-E-M)}{pp(a-X_{n+1})+mm(c+S'')}}$$

$$L''' = L_n + \frac{e(\psi(S'')+h-E-L_n)\,[pp(a-X_{n+1})+mm(c+S'')]}{L_n pp(\psi(S'')-E-M-a+d)}$$

$$V''' = \frac{\psi(S'')+h-E-L_n}{L_n}\sqrt{\frac{|2ge\,[pp(a-X_{n+1})+mm(c+S'')]}{pp(\psi(S'')-E-M-a+d)}}$$

18. Intervallo di riposo. Essendo ora tolta pel chiudimento della valvola ogni comunicazione tra 'l recipiente, e la campana, resterà il solo passaggio dell' acqua nel tubo di salita. Se volessimo mettere a profitto del nuovo movimento lo sforzo, che fa l'acqua della campana in quest' istante in virtù della velocità sua $\frac{m^2}{p^2}U^m$ riagendo così contro l' imboccatura del tubo, come contro qualunque altra parte della parete, che la trattiene, e smovendo la colonna ascendente a guisa di proiettile, dovremmo aggiungere una velocità iniziale alla colonna medesima, che pel principio stesso impiegato nel misurare l' effetto simile della percossa esterna sarebbe $= \frac{m^2 U'''(c'+h+S''')}{p^2(L'''+c'+h+S''')}$. Ma sì fatta velocità di proiezione è così piccola cosa, che potrà sembrare immaturo scrupolo di esattezza il tenerne conto in mezzo a tante altre imperfezioni, che la teoria, e 'l calcolo ci lascia nella necessità di tollerare, e forse si preferirà di trascurarla unitamente alla resistenza d' attrito consecutivo compensando una ommissione coll' altra, e guadagnare così nuova semplicità di calcolo. Seguendo questo divisamento si ottengono col solito metodo, che è inutile ripetere, le equazioni

$$(l+\frac{qq}{pp}(c'+s)\frac{dv}{g\,dt}=\psi(s)+h-l-E+\frac{vv}{2g}(\frac{q^2}{p^4}-1)\;..(b)$$

$$qqv=-pp\frac{ds}{dt}\;..(c)$$

oppure, giacchè $dl=v\,dt$,

$$q^2dl=-p^2ds$$

D' onde integrando fra i limiti convenuti, e riducendo si ricavano i valori degli elementi estremi dell' intervallo, e insieme del colpo, che per esso si compie,

$$L_{n+1}=L'''+\frac{pp}{qq}(S'''-S_{n+1})$$

$$(IV)_V\quad V_{n+1}=V'''+\frac{g\,p^4[\psi(S''')+h-L'''-E+\frac{V'''^2}{2g}(\frac{q^2}{p^4}-1)](S'''-S_{n+1})}{qqV'''(L'''pp+qq(c'+S'''))}+\text{ec.}$$

$$t'''_{n+1}=\frac{pp}{qqV'''}(S'''-S_{n+1})-\text{ec.}$$

dove allorquando sarà pervenuta l' acqua alla cima del tubo, si dovrà sopprimere il primo integrale e porre negli altri $L'''=A$, come si vedrà ripigliando l' integrazione con fare $l=A$ nell' equazione (b) a tenore di questa circostanza. La stessa modificazione si farà in questo caso negli integrali del numero precedente.

19. Siegue in fine il sistema degli elementi complessivi del colpo, e dell' alternativa intera

$$T_n=\theta_n+\theta'_n+\theta''_n+\theta'''_n$$

$$T'_n=T_n+{}'\theta_n$$

$$F_{n+1}=p^2(S''-S_{n+1})-em^2$$

posta ${}'\theta_n$ la durata dell' intermitenza del corso dell' acqua nel tubo di salita che potesse aver luogo nell' intervallo di riposo stesso. L' espressione F_{n+1} essendo l' integrale $S\,q^2v\,dt$ preso tra i limiti dei due

intervalli di respiro, e di riposo, si riduce mediante le equazioni (*c*) superiori alla forma, che le viene assegnata. Le altre due formole non hanno bisogno di spiegazione.

20. La presente soluzione ha il vantaggio di comprendere ne' suoi cinque sistemi d' equazioni tutti i differenti stati d' azione della macchina, il periodo d' elevazione dell' acqua al punto di scarico, quello di efflusso crescente, e il terzo indefinito, cui venne limitato finora il calcolo di questo genere di problemi, nel quale il getto superiore si mantiene interpolatamente costante, o sia pari quantità d' acqua sgorga dal tubo in tutti i colpi. Al quale stato salirà certamente l' ariete sotto l' azione uniforme continuata del maglio; poichè l' aria della campana verrà ben presto ridotta a tal grado di condensazione, cui la forza dell' acqua urtante non potrà oltrepassare.

Circa al periodo d' elevazione non ho fatto caso di quella momentanea oscillazione, che lo congiungerà col periodo del pieno getto crescente, oscillazione, o piuttosto getto dimezzato, che succederà tutte le volte che il primo periodo non avrà fine precisamente col terminare di un intero colpo; e che importerebbe veramente una particolare limitazione dell' equazione del moto dell' acqua ascendente in quell' ultimo colpo. Questa mancanza però, quando si verifichi, non apporterà sensibile nocumento alla totalità del calcolo; e può supporsi senza timore, che il tubo sia sempre della lunghezza conveniente per riuscir pieno alla fine esattamente di un colpo intero. I problemi particolari, che render potrebbero necessaria questa considerazione della prima comparsa dell' acqua alla cima del tubo, sono superiori alle forze dell' esposta approssimazione.

Ho supposto in oltre verticale il tubo, come ordinariamente suol praticarsi, e come di fatto conviene alla buona disposizione della macchina. Sarebbe poi stato quanto facile, altrettanto vano studio di generalità l' attribuire un pippio, o altra modificazione qualunque alla bocca del tubo: che non si vorrà per certo far uso nè di questo, nè d' altro ariete idraulico per piccoli alzamenti d' acqua, o per fontane di piacere. In fine era inutile calcolare l' ariete nel caso dell' armillare apertura k^2 d' iniezione minore della sezione m^2 della colonna urtante dell' acqua del recipiente, giacchè tale costruzione sarebbe manifestamente nociva al pieno effetto della percossa. Chi amerà tuttavia conservare nel calcolo tutte queste generalità, potrà farlo senza grave alterazione delle equazioni superiori, non avendo che a introdurre a suo luogo nelle equazioni differenziali l' inclinazione, o curvatura del tubo, e i rapporti delle luci di sbocco alle sezioni principali colla scorta dell' equazione fondamentale del moto lineare.

21. L' oggetto principale dell' uso delle nostre formole sarà la determinazione degli elementi finali S_n, V_n, L_n, T_n, F_n di ciascun colpo d' azione dell' ariete; al quale intento è inevitabile l' eliminazione delle quantità intermedie $S', S'', S'', L'', V'', \theta, \theta', \theta'', \theta'''$; d' onde risulteranno non ostante le semplificazioni già praticate di sopra equazioni a differenze finite d' ordine e grado altissimo, che non si potranno con alcun noto mezzo nè integrare, nè risolvere esattamente.

Lo stato dell' ariete più facile a calcolarsi è quello del getto stabilito. Ci porta esso le condizioni $V_{n+1} = V_n$, $S_{n+1} = S_n$, $\theta_{n+1} = \theta_n$, ec., e toglie quindi tutto l' impedimento delle differenze finite. In oltre si ha per esso $L_{n+1} = L_n = A$, il che assai diminuisce la fatica, e l' imbarazzo delle eliminazioni.

Assai più semplice ancora diviene il calcolo, se colla stabilità va congiunta l' intermittenza del getto. La quale circostanza per altro non accadrà fuorchè nel caso di percosse assai deboli, e distanti l' una dall' altra, o nel caso di straordinarie altezze del punto di scarico. Allora viene in aggiunta alle precedenti condizioni l' equazione vantaggiosa

$$V = o.$$

e la certezza, dirò così, dell' estrema piccolezza dell' elemento S, il quale s' avvicinerà alla misnra di quella debole perpetua oscillazione, in che si comporrebbe l' ariete a guisa di semplice sifone, se l' attrito non fosse, e se nuova percossa non sopraggiugnesse a ravvivarne il giuoco utile.

Il tempo T' dell' alternativa sarà d' ordinario costante, e converrà che lo sia così per la semplicità, e per la natura stessa dei mezzi di rinovazione della percossa, come per l' economia della forza motrice esterna, e per la regolarità del servizio della macchina. Dato essendo questo tempo per riconoscere, se alcuna parte $'\theta_n$ in alcun' epoca mai ne vada perduta, ovvero intermittente divenga in alcun tempo l' effetto dell' ariete, si ricercherà nello stato di permanenza, e sotto la condizione $V = o$ del getto interrotto il valore del tempo T del colpo utile, e si confronterà col tempo dato T' dell' alternativa. Se riuscirà $T < T'$, sarà vera la supposta intermittenza, e sen' avrà la durata $'\theta$ nella differenza $T' - T$. Che se si troverà $T =$, oppur $>$ di T' non vi sarà intermittenza nello stato permanente, e molto meno nei periodi anteriori di accelerata elevazione dell' acqua.

22. Dati gli elementi dell' esterna percossa, e di costruzione, è da vedere primieramente, come le nostre formole ponno accertarci, se, e a quale altezza s' arresterà l' acqua nel tubo di salita, e cesserà quindi

l' ariete di agire utilmente non ostante la continuazione delle percosse, come abbiamo dichiarato poter accadere al num. 10.

Giacchè rifluisce in ogni caso tant' acqua dalla campana nel recipiente al riserrarsi della valvola di comunicazione, quanta ne entrò durante il moto di riaprimento della valvola stessa, è chiaro, che in quel colpo incomincierà a mancare alimento al tubo di salita, e cesserà l' azione produttiva dell' ariete, nel cui intervallo di percossa rimarrà spento il moto dell' acqua urtante, prima che la valvola arrivi o nell' atto stesso dell' arrivo di essa al suo ritegno. La condizione adunque dell' eccessiva lunghezza del tubo, che superi le forze dell' ariete, consisterà nell' equazione

$$U' = o$$

che diverrà propria di tutti i colpi consecutivi. Posta la quale, non avrà più luogo iniezione, e sarà $S'' = S'$, $V'' = V$, $\theta' = o$. Per tale condizione la prima formola del sistema (I) renderà dopo la sostituzione del valore di (U), e le necessarie riduzioni l' equazione di quarto grado

$$ep^2m^4(c+S)^4 - ep^2m^4(E-M-a+c+d)(c'+S)^3$$
$$-[2DP^2m^2+ep^2m^4(M+a-d)(2E+M+a+c-d)](c'+S)^2$$
$$-[2DP^2(p^2(a-b)-cm^2)+$$
$$ep^2m^4(M+a-d)^2(E+M+a-c-d)](c'+S)$$
$$+cp^2[2DP^2(a-b)+em^4(M+a-d)^3]=o$$

in cui si può incominciare a sopprimere i primi due termini atteso il piccolo coefficiente loro, e il valore che al nostro caso appartiene di $c' + S$ compreso fra i ristretti limiti o, e c. Trovato il quale, avremo la forza, che la campana esercita contro la colonna ascendente alla fine di ciascun colpo $gq'\left(\frac{cE}{c-c'-S}+c'+S+h\right)$. Ora è manifesto, che l' acqua non potrà salire nel tubo che all' altezza tutt' al più

$$L = \frac{cE}{c-c'-S}+c'+S+h-E$$

corrispondente a quel valore di $c' + S$ accresciuta della piccola escursione, che vi fa pendente l' intervallo di percossa.

Questo risultato abbastanza semplice, mentre rettifica uno dei punti più importanti della teoria dell' ariete, ci porge lume a verificare anticipatamente, se le forze della nuova macchina varranno a raggiugnere una prescritta altezza A del punto di scarico, Non si dovrà per

ciò che paragonare l' altezza data col trovato limite dei valori di L_n, e osservare, se vi sta notabilmente al di sotto; perchè nell' espressione del limite stesso dee trovarsi un qualche divario col vero, non essendo che una prima approssimazione; e perchè la portata del tubo, che sparisce a quel limite, o poco lungi, ad altezza assai minore già è languidissima, e di scarso profitto.

La stessa equazione può altresì additarci molti provvedimenti opportuni a rendere operativo un ariete destinato ad un' elevazione d' acqua superiore all' attuale sua struttura, e disposizione. Aggiunta di massa, e di caduta al maglio, e diminuzione di tratta alla valvola di comunicazione, e di diametro al recipiente, e aumento di quello della campana sono i rimedi principali, che già vi si travedono senza bisogno di altre operazioni. Il primo di questi ripieghi è il più utile di tutti. Gli altri mentre aumentano l' estensione dell' effetto, ne scemano l' intensità, come si potrà meglio riconoscere in seguito.

23. Sarebbe ora da ricercare in quanti colpi, e dopo quanto tempo salirà l' acqua nel tubo da una data altezza L_o alla stabilita $L_n = A$. Ma il calcolo integrale delle differenze finite non offre mezzi sufficenti per conseguire con formole generali siffatto intento. Col solo metodo delle sostituzioni dei valori successivi dell' indice n vi si può arrivare in ciascun caso, il qual metodo se non ha il pregio della generalità, ha quello della sicurezza, e semplicità; e la disposizione delle nostre formole lo ammette senza bisogno di intermedie combinazioni, e separazioni delle quantità cercate. Posto $n = o$ nel sistema (I) tutto resta determinato; e coi valori degli elementi di questo si hanno quelli del sistema (II) per semplice sostituzione; così il sistema (II) determina il (III), e questo il (IV), da cui si ottiene in fine il valore di L_1. Tutti questi valori trovati per $n = 1$ daranno i corrispondenti ad $n = 2$ percorrendo di nuovo i quattro sistemi, e così di seguito. Il calcolo avrà fine a quel valore di n, da cui risulterà L_n uguale, o prossimo ad A. Se si rifletterà però, che le condizioni, e le ipotesi, sulle quali è fondata la teoria, allora soltanto incominciano a verificarsi, quando l' aria, e l' acqua della campana sono a tal grado di resistenza, e di reazione, che valgano a reprimere, e riordinare prontamente i primi sbalzi, e movimenti irregolari prodotti dalle percosse; se si osserva ancora, che questa preliminare disposizione è comandata dall' economia, e dal buon uso della macchina stessa, e non sarà perciò mai trasgredita la precauzione di riempierne il tubo prima di rimetterla in esercizio; si vedrà, che il problema ora accennato piuttosto che a stabilire la legge del progresso

interpolato dell' acqua nel tubo, servirà congiunto coll' esperienza a porci sott' occhio le aberrazioni del calcolo dalla legge medesima nel periodo, in cui debbono risultare più sensibili. Ma la nostra soluzione ci ha procurato un criterio certo per decidere, se una proposta altezza del punto di scarico è conciliabile con una data maniera di servizio, e di costruzione della macchina, o come provvedervi per raggiugnerla. Dopo questo risultato ciò che più debbe interessarci, è la determinazione generale della portata ridotta a stato di permanenza.

24. Ora se il getto sarà così stabilito, che alla fine di ciascun colpo s' indebolisca fino a potersi riguardare come intermittente, il che succederà facilmente nelle grandi elevazioni, e allorquando la capacità della parte della campana destinata al giuoco dell' aria compressa sarà assai limitata; la finale residua elevazione S del livello della campana sopra l' altezza c' d' equilibrio o sarà nulla, o sarà affatto trascurabile. Allora l' espressione assegnata di sopra della portata diverrà

$$F = p^2 S'' - e\, m^2$$

cui può sostituirsi quest' altra equivalente

$$F = m^2 (X - b - e)$$

Si calcoli il valore di S'', o di $X - b - e$ coi primi due sistemi d' equazioni superiori in quest' ipotesi, e si vedrà, che per esso l' espressione della portata riceve la forma

$$F = \frac{mm}{gpp(U)^2_0}\left[(U)^2_0 - \frac{gepp(A - M - a + d - h)}{pp(a-b)+mmc'}\right]^2 \times$$

$$\frac{pp(a-b-e)+mm\left(c'+\frac{mme}{pp}\right)}{\psi\left(\frac{emm}{pp}\right) - E - M - a + d}$$

essendo $(U)_0$ il valore di (U) corrispondente ad $S = o$. Se poi le circostanze qui supposte veramente abbiano luogo in un dato ariete ce ne potremo assicurare colla regola del num. 22.

25. In mancanza di tale condizione basterà tener conto delle prime potenze di S, e di e. Ma allora bisognerà chiamare in soccorso l' equazione

$$T' = \theta + \theta' + \theta'' + \theta'''$$

da cui poc' anzi abbiamo potuto dispensarci.

Indichino U'_o, $(U)_o$ i valori delle velocità U', (U) superiori, allorchè vi si pone $S=o$, e la stessa soppressione di S intendasi fatta in $\frac{d\psi}{dc'}$. I quattro sistemi d' integrali trovati offrono per la prima approssimazione dei valori di S', e di S le due equazioni

$$pp(S'-S)-emm=\frac{mmU'^2_o\ (mmc'+pp(a-b))}{gpp(A-M-a-h+d)}$$

$$+\frac{emm(U)^2_o}{gp^4(A-M-a-h+d)^2}\left[(m^4-p^4)(A-M-a-h+d)\right.$$

$$\left.-mm\frac{d\psi}{dc'}(mmc'+pp(a-b))\right]$$

$$+\frac{mm(U)_o\ S}{gpp(A-M-a-h+d)^2}\left[A-M-a-h+d)\ (mm(U)_o\right.$$

$$\left.+2\frac{d(U)_o}{dc'}\ (mmc'+pp(a-b))-(U)_o\frac{d\psi}{dc_1}(mmc'+pp(a-b))\right]$$

$$pp(S''-S)-emm=\frac{S''p^4}{Aqq}\cdot\frac{d\psi}{dc'}\sqrt{\frac{2ge(mmc'+pp(a-b))}{pp(A-M-a-h+d)}}$$

$$\left[T''-\frac{(U)_o\ (mmc'+pp(a-b))}{gpp(A-M-a-b+d)}-\sqrt{\frac{2e(mmc'+pp(a-b))}{gpp(A-M-a-b+d)}}\right]$$

Del primo valore di F, che sarà sempre parte principale di qualunque altra maggiore approssimazione di questa quantità, impariamo osservando il modo di combinazione dei vari elementi, e rammentando il valore di (U), e di ψ, che la massa e l' altezza della caduta del maglio più d' ogn' altra quantità contribuiscono col loro crescere al miglioramento del prodotto dell' ariete, come è chiaro; e che ci ha vantaggio ingrandendo piuttosto la lunghezza che la sezione del recipiente. Gli allungamenti della tratta della valvola di comunicazione si mostrano doppiamente nocivi alla portata. Al contrario vi si mostrano favorevoli l' altezza c, e massime la sezione p^2 della campana. Gli aumenti di m^2 apparirebbero ancora più dannosi, se avessimo potuto far entrare nel

calcolo la rigidità della valvola, e quindi l' effetto del contraccolpo dell' acqua sottoposta. La sezione q^2 non si presenta nel calcolo della prima espressione di F in virtù della condizione dell' intermittenza in parte, e in parte a cagione dell' imperfetta concatenazione, che il metodo ha procurata tra i movimenti composti di ciascun intervallo. Più esatte osservazioni potrà fare sopra la seconda espressione della portata chi vorrà ultimarvi tutte le residue eliminazioni. Questi corollari però, e tutti gli altri, che se ne potranno raccogliere, debbono valutarsi con moderazione, e col dovuto riguardo alle moltiplici imperfezioni del calcolo, e della teoria.

L' altezza del tubo ascendente, che fissa il limite, oltre il quale è nullo l' effetto di questa macchina, è positivamente

$$A = E - \frac{D(a'-b)(M-aa)+eMM}{2D[ac+(a+c)(a-b)]-M[Ee+D(a+c-b)]-eMM}$$

E nel caso di una buona costruzione della macchina, di una ben proporzionata forza motrice, e di un ben regolato servizio esterno la quantità d' acqua elevata a ciascun colpo sarà senza grave divario

$$F = \frac{2ADpp(a-b+c')\frac{M^2}{(M+a-d+c')^2}+gE'qqT'^2\left(\frac{cE}{c-c'}-A-E+c'+h\right)}{2AD(a-b+c')\frac{M^2}{(M+a-d+c')^2(c-c')}+2A(E'+E'')-\frac{gE'qqT'^2}{(c-c')pp}(A+E-c-2c'-h)}$$

fatto

$$E' = E+M+a-d-c'+\frac{2DM^2(a-b+c')}{(M+a-d+c')^3}-\frac{cE}{c-c'}$$

$$E'' = \frac{cE}{c-c'}-M-E-a+d+c'$$

26. Richiamiamo per ultimo alle note regole generali la misura della vera utilità del nuovo ariete in una delle più opportune sue applicazioni. Sia un cilindro orizzontale armato di N speroni, o settori di ruote dentate così distribuiti sulla sua lunghezza, e d' intorno al suo asse, che sollevino, e dimettano l' un dopo l' altro in ciascuna rivoluzione altrettanti magli d' ugual peso g P disposti a giusta distanza sopra un egual numero di recipienti, che sorgano da altrettante campane, o da una sola ampia cassa comune di saldissime pareti munita di uno o più

tubi d' elevazione, e sommersa nell' acqua, mentre l' albero giri equabilmente o per forza animale, o per impulso d' una corrente compiendo ciascuna rotazione in dato tempo N T'. Saremo nel caso di un ariete solo servito con celerità di percosse equidistanti per l' intervallo di tempo T'; nè vi può essere costruzione più favorevole di questa alla continuità del getto di scarico superiore, e più atta al buon uso di una quantità di forza esterna, di cui sia dato di disporre.

La quantità d' acqua, che verrà innalzata da questa specie di batteria idraulica in N' giri dell' albero sarà N N' F, ed N N' T' il tempo in tale operazione impiegato. Dunque misurandosi l' effetto utile, che denominerò H, di una macchina qualunque dal prodotto del peso da essa elevato moltiplicato per la velocità media dell' elevazione, avremo pel nostro sistema d' arieti

$$H = \frac{g\,A\,F}{T'}$$

Ma per tale effetto è d' uopo innalzare in ciascun periodo di tempo T' un maglio di peso g P all' altezza D, ed un coperchio mobile di peso g Q all' altezza $X - b$ oltre il compensamento delle resistenze secondarie d' attrito degli speroni, e dei perni dell' albero, che può ridursi al trasporto contemporaneo di un altro peso g R alla medesima altezza D. Il lavoro dunque dell' agente esterno, che tiene in moto il sistema, o l' effetto, che diremo H' della forza esterna richiesta per produrre l' effetto utile H sarà espresso dall' equazione

$$H = \frac{g}{T'}[D(P+R)+Q(X-b)]$$

Dicasi B la massa d' acqua, che un uomo può trasportare direttamente, e senza intervento di macchine del bacino dell' ariete composto all' altezza A in ciascuna unità di tempo lavorando all' ordinario; f il prezzo di questo lavoro nel paese, e nelle circostanze, in cui debbasi mettere in esecuzione il progetto accennato; f' il valore del prodotto H, che se ne avrà, e per ultimo f'' il prezzo del lavoro totale H'. Avremo

$$f' = \frac{f\,H}{g\,A\,B}$$

$$f'' = \frac{f\,H'}{g\,A\,B}$$

Queste formole semplicissime guideranno alla stima esatta del proposto sistema d' arieti, e al giusto confronto di esso colle altre macchine tutte, delle quali farà le veci. Nella quale ricerca dovransi in oltre chiamare ad esame, e confronto le spese di prima costruzione, e di manutenzione di ciascun edifizio.

II.

Ariete a percossa interna.

27. Con questa denominazione ponno distinguersi l' ariete di Montgolfier, e la seconda imitazione, che ora ne prendo a descrivere, e calcolare. A, A, fig. 2., sono due condotti cilindrici verticali, B un terzo orizzontale pure cilindrico annestato ai due primi presso al fondo loro immediatamente, o ciò, che assai gioverebbe, coll' interposizione di due tronchi circolari quadrantali C, C, dei quali tutti i primi tre fossero continuazione rettilinea. Il condotto B è verso le sue estremità interrotto da due pezzi G, G incavati ciascuno da ambe le parti a tronco di cono fino all' incontro di un' apertura di mezzo destinata a formare uno stabile restringimento dell' interna sezione del condotto. Le superficie convesse di questi due pezzi combaciano esattamente colla concava del condotto, e vi sono fermamente collegate. Nella parete superiore, e nel mezzo della lunghezza del condotto stesso è praticata un' apertura uguale all' interna sua sezione. Qui una valvola v, e una campana D sovrapposta, e munita presso al fondo di un tubo ascendente S S; qui in somma tutto ciò che accompagna l' apertura di salita dell' ariete ordinario. Ma qui una semplice palla affatto libera a, e di gravità specifica poco maggiore di quella dell' acqua fa le veci della valvola di fermata imboccando le luci dei due tramezzi estremi. Nei recipienti verticali stanno inseriti due coperchi mobili O, O aventi facile alterno moto da una ruota interposta, che urta co' suoi denti quelli delle aste loro H, H. L' acqua esterna ha passaggio nell' interno della macchina attraverso agli stantuffi medesimi traforati nel mezzo per tutta la loro lunghezza, e per aperture laterali praticate nelle pareti dei condotti. Tutte queste aperture di comunicazione esterna sono munite di valvole aventi giuoco dal di fuori all' indentro, sicchè l' efflusso non ha luogo, se non quando retrocede ciascuno stantuffo. L' afflusso debb' essere il più libero, e pronto possibile. Tutti i tronchi del vaso composto hanno ugual diametro, eccettuato il condotto orizzontale, che può averlo minore. La capacità dei due tronchi dei condotti

verticali, in cui giuocano gli stantuffi, debb' essere maggiore di quella del condotto orizzontale compresa fra i due tramezzi.

28. Trovisi la palla all' imboccatura per es. del tramezzo destro, lo stantuffo destro al limite superiore, e quindi al suo limite inferiore il sinistro; e girisi la ruota a destra. L' acqua, che già prima è penetrata attraverso agli stantuffi a riempiere i tre condotti, a isolare l' aria della campana, e a mettersi nel tubo di salita al livello esteriore, prenderà moto subitamente in questa direzione da un recipiente verticale all' altro, e seco trasportando la palla correrà dietro allo stantuffo opposto. Ma la palla giunta al sinistro diafragma ne chiude all' improvviso l' apertura, e arresta l' acqua, che le sta addosso. È questo di nuovo quello stato violento, in cui si mette l' acqua del condotto dell' ariete primitivo ad ogni cozzo, che dà alla valvola di fermata. L' effetto adunque sarà lo stesso, e l' acqua sbalzerà nella campana sovrapposta con tutto l' impeto, di cui trovasi animata in questo affatto simile suo arresto. È però necessario, che il motore esterno tenga viva in tal atto l' azione sua contro la ruota, e la prosiegua. Perciocchè se gli stantuffi restassero in quel momento abbandonati a se stessi; quello, che discende, col solo moto residuo del suo sistema, e l' acqua esterna, che lo siegue, troppo debolmente soccorrerebbero ad un copioso scarico dell' acqua del condotto nella campana, e non varrebbero a sostenere la poderosa reazione avvalorata dalla resistenza del carico della campana; e rimarrebbe quindi distrutto sul suo nascere il moto d' iniezione. Egli è per siffatto indispensabile compimento della corsa, che sommamente importa la massima ampiezza possibile del traforo degli stantuffi, e delle aperture d' esterna comunicazione. Poichè imboccato dalla palla il diafragma, tosto viene contrastata la discesa ulteriore dello stantuffo premente da tanta parte del peso della colonna atmosferica, che grava lo stantuffo retrogrado, quanta è per lo meno la base di questo diminuita della somma delle aperture d' afflusso. La quale resistenza non è più allora compensata nella parte opposta, dove lo stantuffo diretto ha già contraria la pressione analoga proveniente dal tubo d' elevazione. Ed è per questa circostanza medesima, che gioverà abbondare nella lunghezza dei condotti, onde la massa dell' acqua urtante colla quantità di moto, che facilmente le viene impressa durante il tragitto della palla, sia del massimo sollievo nel sostener l' urto all' agente esteriore.

29. Anche questo secondo modo di porre in opra la percossa idraulica mi sembra degno d' essere coltivato con ogni studio. Esso ci libera nuovamente dall' incomoda, e frequente manutenzione d' alcun ordigno regolare della valvola di fermata. L' alternativa di questo ariete

ha sopra gli altri il vantaggio interessante di riuscir utile in entrambi i suoi termini ugualmente. La colonna d' acqua motrice nulla perde della sua velocità, nè per lento chiudersi della valvola, nè per resistenze di molle, o altri ritegni qualunque da vincere, ma tutta la possiede nell' atto del suo arresto; giacchè la nostra valvola forma parte della corrente stessa. Salvo è qui tuttora il prezioso vantaggio di poter impiegare qualunque forza esterna e tenere in esercizio la macchina anche in acqua stagnante senza bisogno d' alcuna dispersione ausiliaria. Il combaciamento degli stantuffi colle pareti dei condotti non si richiede così stretto da generare sensibile resistenza d' attrito. La rapidità dell' alternativa previene la fuga dell' acqna d' intorno agli stantuffi di facil giuoco, o la riduce ad assai meno di quella, che avviene sotto la tarda, e lunga pressione delle trombe ordinarie. Merita dunque anche questo secondo ariete d' essere corredato dei sussidii del calcolo, e dell' esperienza pei vantaggi, che ha comuni col precedente, e per quelli, che gli son proprii, e per una certa somiglianza maggiore almeno esterna, che offre nella sua struttura, e nel suo modo di agire coll' ariete primitivo.

30. Calcolo del nuovo ariete. Suppongo primieramente, che all' estremità di un manubrio di lunghezza . . . . . d'
applicato normalmente all' asse della ruota si eserciti una forza costante, e normale . . . . . $g\,P$.
Onde posto il raggio della ruota = ... r'
la pressione sulla sua estremità equivalente alle resistenze d' attrito dell' asse co' suoi perni, e dei denti della ruota con quelli delle spranghe degli stantuffi = ... $g\,m^2\,Z$,
la sezione interna dei condotti fino ai tramezzi d' arresto = m^2,
la pressione motrice assoluta degli stantuffi = ... $g\,m^2\,M$,
abbiasi

$$M = \frac{d'\,P}{m^2 r'} - Z$$

Sieno inoltrè l' apertura dei due diafragmi . . . . . m''^2,
la sezione del tratto frapposto del condotto orizzontale . . m'^2
la sua lunghezza . . . . . a'
la distanza delle luci dei diafragmi stessi dall' imboccatura del condotto orrizzontale coi due tronchi circolari . . . a''
il raggio dell' asse di questi due tronchi . . . . . r
la distanza del centro della loro giuntura coi condotti verticali del livello dell' acqua esterna . . . . . a

la profondità sott' acqua della base di ciascuno stantuffo al principio della sua corsa . . . . . *b*

la profondità dello stantuffo premente nell' atto dell' arresto della palla . . . . . *b + b'*

la profondità dello stantuffo medesimo alla fine della sua corsa totale . . . . . X.

L' apertura di comunicazione colla campana, gioverà, che sia sul mezzo della lunghezza del condotto orizzontale. Salve queste aggiunte, e modificazioni, s' intendono ritenute tutte le denominazioni della prima parte.

31. Abbiamo poc' anzi vedute le principali vicende esteriori, e più ovvie della nuova corrente artificiale, e 'l meccanismo, da cui riceve moto, e alimento. Indaghiamne ora le più intime proprietà, e gli effetti, che ne debbono risultare a ciascun arresto della palla. L' iniezione incominciata, in virtù delle percosse continuerà finchè lo stantuffo diretto colla massa urtante dell' acqua non resterà vinto dall' aria vieppiù condensata. Questa allora tenderà a riserrare la valvola della campana, e a dar principio a quell' intervallo d' azione, che nell' altra macchina dicevamo di respiro; ma in vano. L' acqua del condotto orizzontale non può cedere il posto neppure ad una goccia della sovrastante della campana nell' ipotesi dell' esatta tenuta degli stantuffi, e della fermezza invincibile di tutte le parti della macchina. Perciocchè lo sforzo che esercita l' acqua della campana sopra quella del condotto operando egualmente a destra, e a sinistra, non può avere effetto che per un alzamento contemporaneo dei due stantuffi; la qual cosa è impossibile anche senza l' impedimento della palla, formando gli stantuffi un corpo solo colla ruota; ovvero per un riflusso d' acqua per le aperture superiori d' esterna comunicazione, riflusso del pari impossibile dalla parte dello stantuffo premente, dove tutt' ora è chiusa ogni comunicazione esterna in virtù della pressione e del moto diretto, e impossibile dalla parte dello stantuffo retrogrado attesa la palla frapposta. Dunque nell' ipotesi della perfetta costruzione del presente ariete, la valvola di salita aperta una volta seguiterà a tenersi aderente al suo ritegno superiore, se ha la gravità specifica dell' acqua, e avendola maggiore, non si abbasserà che per l' eccesso del proprio peso; ma punto d' acqua non la precederà di riflusso nel condotto; e tutta l' azione dell' aria condensata susseguente alla percossa, e all' iniezione sarà impiegata contro la colonna del tubo ascendente. Il che succederà ancora nella corsa reciproca consecutiva, poichè la corrente terminata dai due stantuffi tra loro connessi invincibilmente non potrà ricevere, nè trarsi dietro l' acqua adiacente della campana.

32 Da tutto ciò si conchiude manifestamente, che nell' ipotesi dell' esatta tenuta degli stantuffi, e della perfetta costruzione delle altre parti, e succedendosi senza interruzione le alternative di questo ariete, vi si potrebbe levare impunemente la valvola di salita.

Ma se da una parte è impossibile il minimo rigurgito dell' acqua della campana nel recipiente, dall' altra non può mai mancare sotto ciascuna percossa un nuovo getto d' acqua nella campana. Dunque il nuovo ariete ha veramente la prerogativa negata a qualunque altra delle macchine conosciute di non soffrir limite nell' altezza del suo punto di scarico.

Si raccoglie in oltre, che tutto l' effetto di ciascuna mezza alternativa si opera qui in due soli intervalli essenzialmente distinti, quello, in cui gli stantuffi percorrono lo spazio b' richiesto dal tragitto della palla da un tramezzo all' altro, e quello, in cui descrivono il resto $X - b - b'$ della loro corsa intera. Al primo conserverò la denominazione d' intervallo di percossa, e quella d' intervallo d' iniezione al secondo; e all' aggregato d' entrambi quella di colpo dell' ariete.

33. Intervallo di percossa. Compia la ruota la corsa $(n+1)$ esima, e lo stantuffo parimente trovisi sott' acqua alla profondità x dopo un tempo t contato dal principio della corsa. Sarà $X+b-x$ la profondità della base dell' altro stantuffo nel momento medesimo. Sia u la velocità d' entrambi: tale sarà pure la velocità dell' acqua in tutti i tronchi di sezione interna m^2. Sia in oltre $t=\theta$, $u=U$, quando la palla imbocca il tramezzo, cui va incontro. La corsa $X-b-b'$ è variabile da un colpo all' altro, finchè il giuoco non è ridotto a stabilità; ma supporrò, che fin da principio quest' elemento abbia valore costante non maggiore di quel minimo, che naturalmente acquisterebbe la macchina, nello stato di permanenza giusta l' intensità della forza motrice $g m^2 M$, del carico $g q^2 A$ d' elevazione, e della frequenza delle alternative; e supporrò predisposto nell' armatura esteriore un ostacolo, che tenga sempre in questa misura la corsa alterna. Verrà con ciò ritardato di un qualche colpo lo stato di permanenza, e sarà questo l' unico danno lievissimo di tale comoda limitazione della generalità del calcolo.

Ripigliando ora l' equazione generale del num. 16; seguendo con essa la corrente da uno stantuffo all' altro, e ponendo

$$CC = \frac{g g M}{\frac{2 m^4}{m'^4} - \frac{m^4}{m'^4} - 1}$$

$$B = \frac{2\left(2a + 2a'' + \frac{a' m m}{m''^2} + \pi r - X - b\right)}{\frac{2m^4}{m''^4} - \frac{m^4}{m'^4} - 1}$$

si troverà l' equazione semplicissima

$$dt = \frac{B\,du}{C^2 - u^2}$$

tralasciato l'attrito, che per l' ampia sezione dei condotti non può recar danno sensibile. Integrando tra i limiti corrispondenti a $t=o$, $t=\theta$ se ne ottiene l' equazione

$$U\left(1 + e^{\frac{2C\theta}{B}}\right) = C\left(e^{\frac{2C\theta}{B}} - 1\right)$$

e ponendovi $u = \frac{dx}{dt}$, se ne ha per una seconda integrazione tra i valori $x = b$, $x = b + b'$ quest'altra equazione

$$e^{\frac{2C\theta}{B}}\left(e^{\frac{2b'}{B}} - 1\right) = 1$$

a compimento del calcolo di tutti gli elementi estremi del moto attuale dell' acqua esteriore alla campana.

Frattanto l' aria condensata seguita ad alimentare il tubo di salita, cosicchè le altezze S_n, L_n dell' acqua nella campana, e nel tubo divengono alla fine di questo primo intervallo S', L'. Il calcolo simile di questo moto interno contemporaneo conduce, come al num. 18, alle nuove equazioni differenziali

$$\left(1 + \frac{qq}{p'p'}(c' + s)\right)\frac{du}{g\,dt} = \psi(s) - E - l(1 + \gamma) - \frac{vv}{2g}\left(1 - \frac{q^4}{p'^4}\right) \quad . . \quad (b)$$

$$qqv = qq\frac{dl}{dt} = -p'p'\frac{ds}{dt} \quad . . \quad (c)$$

L' integrazione dovrebbe qui farsi tra i limiti dei valori $t = o$,

$t=\theta_{n+1}$; $s=S_n$, $s=S'$; $l=L_n$, $l=L'$; $v=V_n$, $v=V'$. Ma non avremo bisogno di tale operazione fuorchè in un caso, nel quale si ha $V_n=o$, $L'=L_{n+1}$, e si può ommettere la resistenza d' attrito. Limitandoci dunque a queste condizioni, e tralasciando le potenze di S_n-S' superiori alla prima avremo, come al num. citato,

$$L_{n+1}=L_n+\frac{p'p'}{qq}(S_n-S')$$

$$V'_{n+1}=\sqrt{\frac{2gp'\lambda(\psi(S_n)-E-L_n)(S_n-S')}{qq(L_np'p'+qq(c'+S_n))}}$$

$$'\theta_{n+1}=\sqrt{\frac{2(S_n-S')(L_np'+qq(c'+S_n))}{gqq(\psi(S_n)-E-L_n)}}$$

Il corso dell'acqua nel tubo può non durare per tutto l' intervallo θ. Ne ho per questo distinta la durata con $'\theta_{n+1}$. Se l' intermittenza avrà effettivamente luogo, si porrà in oltre $V'=o$; di che ci accerteremo calcolando con questa condizione, e con quelle del getto stabilito $L_{n+1}=L_n=A$, $'\theta_{n+1}='\theta_n$ mediante le trovate equazioni, e le seguenti, e osservando, se il valore risultante è minore del tempo dato θ. Trovato $'\theta>\theta$, il getto sarà continuo per tutto l' intervallo di percossa; e si restituirà qui sopra θ in luogo di $'\theta_{n+1}$.

34. Iniezione. La difficoltà di soggettare a calcolo il doppio movimento dell' acqua influente di progresso verso la parte superiore della campana, e di deviazione nel tubo, e l' intrattabile complicazione dei risultati, che ne verrebbero, ci obbligano qui pure a ricorrere all' artifizio del getto accumulato, a immaginare, cioè, un ostacolo qualunque, che sospenda il corso dell' acqua nel tubo durante l' iniezione per ripristinarlo più vigoroso nell' altro intervallo. A tale condizione sono già conformate le equazioni del num. precedente. Che poi non abbiano a temersi inconvenienti per questa modificazione del giuoco dell' ariete, ce ne possiamo convincere col ragionamento stesso fatto per simile incontro al num. 15. Non resta pertanto che il puro moto d' influsso nella campana; pel quale il metodo solito ci dà le due equazioni

$$\left[a+a''-x+\frac{\pi r}{2}+\frac{a'mm}{2m'^2}+\frac{mm}{p'^2}(h+c'+s)\right]\frac{du}{g\,dt}=E+M+a$$

$$+r-h-\psi(s)+\frac{uu}{2g}\left(1-\frac{m^4}{m''^4}\right)\ldots(a)$$

$$mmu=\frac{p'p'ds}{dt}=mm\frac{dx}{dt}\ldots(c)$$

da integrarsi fra i limiti convenuti di $t=o$, $t=\theta'_{n+1}$; $x=b+b'$, $x=X$; $s=S'$, $s=S_{n+1}$; $u=(U)$, $u=U'_{n+1}$, essendo U''_{n+1} la velocità residua dell' acqua urtante nell' atto dell' arresto della ruota fatto del predisposto ritegno, che ne mantiene costante la corsa $X-b-b'$. L' altro valore di $u=(U)$, velocità iniziale, colla quale l' acqua dopo l' urto incomincia a penetrare nella campana, io non so di nuovo, che altrimenti possa determinarsi fuorchè col principio della composizione del moto nell' urto dei solidi incomprensibili. Assumo pertanto che l' urto sia fatto contro il cilindro d' acqua sovrastante $m'^2(h+c'+S)$ della campana colla velocità $\frac{m'}{m'^2}U$, che ha luogo in contatto della luce di comunicazione, da una colonna d' acqua avente per base la luce medesima, e per lunghezza quella della corrente fino al livello esteriore accresciuta dell' altezza della colonna d' acqua equivalente al peso motore gm^2M; d' onde viene.

$$(U)=\frac{U\left(a+a''+\frac{a'}{2}-d+M+\frac{\pi r}{2}\right)}{a+a''+\frac{a'}{2}-d+M+\frac{\pi r}{2}+h+c'+S'}.$$

Tale parmi che possa ritenersi l' effetto iniziale della nuova percossa, purchè sia pienamente libero l' afflusso dell' acqua dietro allo stantuffo diretto, e sotto l' altro retrogrado, non senza fondata speranza di una bastante approssimazione all' effetto vero, finchè questo dalla teoria, o dall' esperienza non ci sia dato meglio a conoscere.

Pongasi ora

$$w=\frac{g\left[E+M+a+r-h-\psi(S')+\frac{(U)^2}{2g}\left(1-\frac{m^4}{m''^4}\right)\right]}{a+a''-b-b'+\frac{\pi r}{2}+\frac{a'mm}{2m'm'}+\frac{mm}{p'p'}(h+c'+S')}$$

e si disponga l' integrazione secondo le potenze del tempo ora tanto più breve θ''_{n+1}, e si riuniscano insieme i risultati del primo intervallo. Si avranno i due sistemi di formole

$$U = Ce^{-\frac{b'}{B}\sqrt{\left(e^{\frac{2b'}{B}}-1\right)}}$$

$$\theta = \frac{B}{2C}\log\frac{C+U}{C-U}$$

$$(I') \quad L_{n+1} = L_n + \frac{p'p'}{qq}(S_n - S')$$

$$V'_{n+1} = \sqrt{\frac{2gp'^4(S_n-S')(\psi(S_n)-E-L_n)}{qq(L_n p'p' + qq(c'+S_n))}} \pm \text{ec.}$$

$$'\theta_{n+1} = \sqrt{\frac{2(S_n-S')(L_n p'p' + qq(c'+S_n))}{gqq(\psi(S_n)-E-L_n)}} + \text{ec.}$$

$$U'' = (U) + w\theta''_{n+1} + \text{ec.}$$

$$(II') \quad X = b + b' + (U)\theta''_{n+1} + \text{ec.}$$

$$S_{n+1} = S' + \frac{mm(U)}{p'p'}\theta''_{n+1} + \text{ec.}$$

Si tralascerà la terza equazione del sistema (I'), quando sarà giunta l' acqua alla cima del tubo, e si porrà dappertutto $L_n = A$.

35. La durata T'_n della corsa degli stantuffi è la somma dei soli due tempi $'\theta_n$, θ''_n, e il tempo utile T_n la somma dei due v, θ''_n, Il prodotto F_{n+1} di ciascun colpo è il valore dell' integrale $\int q^2 v\,dt$ definito nell' intervallo operativo di percossa fra i limiti di $t = o$: $t = {}'\theta_{n+1}$. Compiranno adunque il calcolo del presente ariete le tre formole

$$T_n = \theta_n + \theta''_n$$

$$(III') \quad T'_n = {}'\theta_n + \theta''_n$$

$$F_{n+1} = p^2(S_{n+1} - S')$$

Dove il tempo T′ non è più costante da un colpo all' altro, come nell' alternativa del primo ariete, attesa la condizione prescritta della corsa invariabile $X - b$. Sarà poi raro il caso dell' intermittenza massime nell' ipotesi della presente soluzione del getto accumulato; e quando pure si dovesse calcolare, si avvertirà, che non basterà la prima approssimazione del sistema (I′).

36. Il numero approssimato dei colpi, che dovransi fare per portar l' acqua nel tubo da una data altezza primitiva L_o ad una prescritta $L_n = A$, quando non v' ha interruzione di moto nel tubo pendente l' intervallo di percossa, dipenderà dal calcolo penoso delle due equazioni a differenze finite

$$S_{n+1} = S_n + \frac{m\,m}{p'\,p'}(X - b - b') - \frac{g\,q\,q\,\theta^2(\psi(S_n) - E - L_n)}{2(L_n p'\,p' + q\,q(c' + S_n))}$$

$$L_{n+1} = L_n + \frac{g\,\theta^2\,p'\,p'(\psi(S_n) - E - L_n)}{2(p'\,p'\,L_n + q\,q(c' + S_n))}$$

che non si ponno integrare che per via delle sostituzioni dei valori successivi di n fino a quello che renda L_n uguale, o prossimo ad A. Il valor ultimo di n sarà il numero dei colpi richiesto. Si avverta, che per avere risultati di qualche sicurezza da questa approssimazione è necessario partire da un' abbondante altezza primitiva L_o, come ci provano le osservazioni stesse del num. 23.

37. La buona costruzione della macchina esige, che sia non solamente $\theta' = \theta$, ma ancora $U'' = o$. Allora la corsa verrà regolata, come risulta dal sistema (II′), sull' equazione $X - b - b' = -\frac{(U)_o}{w_o}\left((U)_o + S'\frac{d(U)_o}{dc'}\right)$, ovvero un poco più abbondantemente dall' equazione

$$X - b - b' = - \frac{(U)^2_o}{w_o}$$

$(U)_o$, w_o essendo i valori di (U), w corrispondenti ad $S' = o$.

Questo stesso valore servirà di norma per riconoscere, se una data scelta, che si volesse prestabilire della corsa medesima, sarà conciliabile colle dimensioni della macchina, e soprattutto colla forza motrice esterna. Il valore prescelto di $X - b - b'$ si confronterà col valore trovato $- \frac{(U)^2_o}{w_o}$. Il primo sarà applicabile nel solo caso che sia minore del secondo.

38. Se già è data per se stessa a questo modo la corsa, la misura della portata permanente non ha più difficoltà; giacchè si ha allora

$$F = m^2 (X - b - b')$$

Nel primo caso per ridurre la portata ad una funzione delle quantità prestabilite bisogna eliminare o da questa espressione $X - b - b'$, o $S - S'$ da quella del sistema (III') mediante la condizione $U'' = o$. Si troverà conservando le prime potenze di S', $S - S'$, θ'' la nuova equazione

$$F = - \frac{g m m q q p' p' \theta \theta (\Psi)^2_o \frac{d\psi(o)}{dc'}}{2m^2 (U)_o - \frac{d(U)_o}{dc'} (c - c')^2 (Ap'p' + c'qq) + gqq\theta\theta \frac{d\psi(o)}{dc'} \left(p'p' w_o - m^2 (U)_o \frac{d(U)_o}{dc'} \right)}$$

Prima di tutto però bisognerà eliminare dalle equazioni (I') la X contenuta nell' espressione di B; indi ricavarne i valori di U, e di θ.

La misura poi dell' utilità di questo effetto, e il confronto dell' ariete con altre macchine qualunque dello stesso genere si farà colle formole medesime del num. 26. cangiando soltanto la seconda in quest' altra

$$H' = \frac{gP(X - b)}{T'}$$

La complicata composizione del valore della portata rende assai difficile l' assegnare con precisione il grado d' influenza di tutte le parti, e dimensioni della macchina sulla costruzione del massimo effetto. Si vede però abbastanza chiaramente, che vi sarà vantaggio accrescendo fino a un certo segno le sezioni m^2, q^2 dei condotti verticali, e del tubo di salita, che delle dimensioni della campana si guadagna piuttosto

aumentando il diametro, che l' altezza, come si vedrà meglio ponendo il valore di c' dato dall' equazione d' equilibrio $\frac{cE}{c-c'} + c' = A + E$.

É poi evidente, che gioverà sempre l' accostare la luce m'''^a dei tramezzi alla sezione m'^a del condotto orizzontale, quanto lo permette la condizione dell' arresto della palla. Sarà certamente vantaggiosa una certa lunghezza del condotto orizzontale, e un certo tronco residuo alla corsa diretta degli stantuffi nei condotti verticali, o sia un valore di a', b', e di $a - b - b'$ al di sopra di un certo limite, ma di quanto, mal si può definire dall' espressione di F, della quale le parti più complicate sono affette da questi elementi.

39. Tromba premente. Già si vede da quanto ho detto finora, che qualunque ariete idraulico non è che una foggia particolare di tromba premente. Ma all' ariete ora descritto manca sì poco per essere trasformato in una eccellente tromba ordinaria, che non potrei trascurare questa occasione di ravvicinare alla teoria precedente le formole principali anche di questa macchina, colla quale si amerà di confrontare più che con qualunque altra i risultati di questa memoria.

Chiudasi affatto la sezione di mezzo del condotto orizzontale, e insieme l' attuale apertura di sua comunicazione colla campana, e due se ne pongano in vece equidistanti dalla sezione di mezzo munite di valvola, e coperte entrambe da una sola campana; tolgansi anche la palla, e i due tramezzi d' arresto; si rafforzi la tenuta degli stantuffi; e tutto il resto si lasci come prima, e come sta delineato accanto alla figura 2. Il nostro secondo ariete diviene così una vera tromba premente a doppio stantuffo. E il vero divario essenziale consisterà in ciò, che nella prima forma l' agente applicato alla ruota preparava senza resistenze d' attrito degli stantuffi nella massa d' acqua oscillante dei condotti la forza motrice accompagnandola con breve sforzo finale a farne deposito nella campana; ora l' acqua dei condotti non gli servirà più sotto questo riguardo che da semplice puntello per agire immediatamente contro la colonna ascendente. Ma vediamo più ordinatamente il nuovo processo.

40. Considerando di nuovo la corsa n esima dell' ariete così modificato ognuno riconosce, che vi sussiste ancora la divisione di due intervalli componenti. Aprimento di una valvola, e chiudimento dell' altra è l' azione del primo, iniezione dal lato della prima valvola, e riposo dal lato della seconda è il processo del secondo intervallo. Essendo gli stantuffi, e le valvole nelle stesse condizioni precedenti di perfetta tenuta e di gravità specifica, quando l' acqua del tubo sarà molto elevata

sopra il livello della conserva, è ben certo, che l' aprimento di una sarà contemporaneo al chiudimento dell' altra valvola, e che nella campana entrerà tant' acqua da una parte durante la breve corsa della valvola corrispondente, quanta ne uscirà dalla parte opposta col serrarsi dell' altra valvola seguendo lo stantuffo retrogrado. Tranne dunque la circostanza, che le due masse d' acqua adiacenti agli stantuffi operano l' una sull' altra per via di permutazione d' acqua nella campana, questa parte del novello giuoco è precisamente la stessa, e si compie colle stesse condizioni dell' intervallo di percossa della costruzione precedente, la palla, e le luci d' arresto dei due diafragmi rimanendo ora alternativamente rappresentate dalle due valvole, e dalle luci stesse di comunicazione; e soltanto sarà minore la durata dell' intervallo. Supposte pertanto molto vicine fra loro le due nuove aperture di salita, possiamo riguardare ancora come diretto, e proprio di tutto il condotto orizzontale questo primo brevissimo moto dell' acqua, che ora si fa nei due tronchi separati mediante la campana. Possiamo altresì conservare la denominazione d' intervallo di percossa a questa parte dell' alternativa, nella quale non cessa di aver luogo la percossa dell' acqua influente al chiudersi di ciascuna valvola contro la massa contigua dell' acqua della campana. Della quale circostanza propria di tutte le forme di trombe idrauliche non è fatta ragione nei migliori trattati, che ne abbiamo, sul fondamento senza dubbio dell' estrema piccolezza del viaggio dell' acqua contemporaneo al moto alterno delle valvole. Ma sarà di poca pena dopo i calcoli precedenti il supplire anche a questo piccolo difetto della teoria delle trombe nel modello, che abbiamo tra le mani. Il che io farò restringendo il calcolo al solo stato di permanenza.

Nel caso, in cui la corsa degli stantuffi abbia termine senza ostacolo addizionale, o sia per la sola resistenza della carica della campana, come appunto alla buona costruzione del presente ariete si conviene, e nel caso di una giusta misura della forza motrice esterna relativamente all' altezza del tubo discarico dell' acqua, o sia ad un dato grado di massima alterna elasticità dell' aria della campana, che rappresento con $g\,n\,\mathrm{E}$; la parte più essenziale del calcolo precedente si può ridurre senza pericolo di grave etrore alle tre equazioni

$$\mathrm{X} = b + b' + \frac{n\,p'\,p'\,(c - c')}{c\,m\,m} - \frac{p'\,p'}{m\,m}\,\mathrm{S}'$$

$$\mathrm{T} = -\frac{\mathrm{B}' + \mathrm{B}''\mathrm{S}'}{2\,\mathrm{C}}\,\log\left(\varepsilon^{\frac{2\,b'}{\mathrm{B}' + \mathrm{B}''\mathrm{S}'}} - 1\right)$$

$$F = p'p'\left(\frac{n(c-c')}{c} - S'\right)$$

restando da calcolarsi l' elemento S' coll' equazione

$$\frac{MLL}{(L'+S')^2}\left(\frac{2b'}{2e} - \overline{B'+B''S'}^{-1}\right)^2\left[\aleph - \frac{wn(c-c')}{c} + \left(w + \frac{mm}{p'p'}\right)S'\right] + \left(n(c-c') - S'\right)$$

$$\left(\frac{2m^4}{m''^4} - \frac{m_4}{m'^4} - 1\right)\left(A' - \frac{p'p'}{mm}\psi(s') = o\right.$$

Dove è posto $L = a + a' + \frac{a'}{2} - d + M + \frac{\pi r}{2}$; $L' = L + h + c$; $B = B' + B''S'$; $w = \frac{p'^4(m^4 - m'^4)}{m^2 m'^4}$; $A' = \frac{p'^2}{m^2}(E + M + a + r - h)$; $\aleph = a + a'' + b + b' + \frac{\pi r}{2} + \frac{a'm^2}{m'^2} + \frac{m^2}{p'^2}(h + c')$

41. Intervallo di percossa. Pendente l' alterna corsa delle valvole due sono i movimenti che succedono nella campana, quello dell' acqua dei condotti, che l' attraversa, e che sarà rappresentato dalla stessa equazione del num. 33.

$$dt = \frac{B\,du}{C^2 - u^2}$$

posto nelle espressioni di B, e di C $a'' = o$, $m''^2 = m'^2$; l' altro di passaggio dell' acqua della campana nel tubo, e di scarico superiore, cui saranno proprie le altre due equazioni (b), (c) differenziali del numero stesso col solo cangiamento della sostituzione di A in luogo di l per noi che vogliam considerare il solo caso del getto stabilito. Dunque avremo per questo intervallo gli stessi integrali, tranne il divario, che ora non dovrà più essere $\nu = o$ al principio dell' integrazione. Profittando pertanto della durata estremamente piccola θ dell' intervallo, e della prima corsa $b' = \frac{m'^2 e}{m^2}$, posta $= e$ la tratta delle valvole di comunicazione, si troverà il primo sistema d' integrali di prima approssimazione

$$U = C\sqrt{\frac{2b'}{B}}$$

$$\theta = \frac{B}{C}\sqrt{\frac{2b'}{B}}$$

$$V' = V + Q\theta$$

$$S' = S + \frac{qV}{p'^2}\theta$$

fatto

$$Q = \frac{gpp}{Ap'p' - qq(c'+S)}\left(\psi(S) - E - A(1+Y) - \frac{VV}{2g}\left(1 - \frac{q^2}{p'^4}\right)\right)$$

42. Iniezione. Terminata la corsa delle valvole, la corrente dotata della volocità U urta l' acqua tutt' intorno della campana; e in un brevissimo tempo θ'' il livello di questa, che s' era abbassato nell' intervallo precedente del tratto $S - S'$, si rialza d' altrettanto, correndo gli stantuffi di moto ritardato il nuovo tratto $X - b - b'$. Immaginando sospeso frattanto il moto di salita, e di scarico, come al num. 34. e facendo $a'' = o$, $m''^2 = m^2$ si avranno le equazioni del numero stesso

$$\left(a + \frac{\pi r}{2} - x + \frac{a'mm}{2m'^2} + \frac{mm}{p'p'}(h + c' + s)\right)\frac{du}{g\,dt} = E + M + a$$

$$+ r - h - \psi(s) + \frac{uu}{2g}\left(1 - \frac{m^4}{m'^4}\right) \ldots (\alpha)$$

$$mmu = mm\frac{dx}{dt} = p'p'\frac{ds}{dt} \ldots (\beta)$$

che integrate tra i limiti analoghi offrono

$$U'' = (U) + w\theta'' + \text{ec.}$$

$$X = b + b' + (U)\theta'' + \text{ec.}$$

$$S = S' + \frac{m^2(U)}{p'^2}\theta'' + \text{ec.}$$

(U), e (w) essendo espressi come al numero suddetto, salva la modificazione di $a'' = o$, $m''^2 = m'^2$.

43. Intervallo di pressione. Ma qui non finisce l' alternativa; anzi

qui ha principio il suo più lungo, e utile periodo. Restituito il livello dell' acqua della campana alla precedente altezza $c' + S$, tranne una ristretta oscillazione, che si rinova, dell' acqua stessa intorno a quest' altezza, l' acqua influente tutta viene impiegata ad alimentare il getto del tubo, e a restituirlo allo stato di permanenza, da cui s' era alquanto allontanato durante l' intervallo di percossa; il che viene operato in brevissimi istanti. Uniforme del pari si rende la corsa degli stantuffi, la quale continua per un nuovo tratto prestabilito $X' - X + b + b'$, e per un tempo determinato, che chiamerò θ''. La campana dunque in quest' ultimo periodo diviene affatto oziosa, non fatto caso dell' inutile oscillazione suddetta, che le resistenze accessorie elidono ben presto, e può riguardarsi come una semplice appendice della conserva inesausta, il carico della quale equivalga alla pressione, che ora viene portata direttamente contro l' imboccatura del tubo riaperto, e restituito nel suo stato di efflusso costante.

Non fatto conto adunque della momentanea accelerazione, che ha luogo sul principio di questo maggiore intervallo, si avranno le equazioni

$$v = \psi(S) - E - A(1+Y) - \frac{VV}{2g}\left(1 - \frac{q^2}{p^2}\right)$$

$$E + M + a + r - h - d = \psi(S)$$

$$U''' = \frac{q\,q\,V}{m\,m}$$

$$X' - X + b - b' = \frac{q\,q\,V\,\theta'''}{m\,m}$$

ben inteso, che nell' espressione di M la Z comprenda, se non l' attrito dell' acqua dei condotti quello almeno degli stantuffi, che ora è divenuto resistenza necessaria, e principale.

Sommando in fine i tempi degli intervalli d' azione, e gli efflussi rispettivi, se ne ha la durata, e 'l prodotto di ciascuna mezza alternativa

$$T' = T = \theta + \theta'' + \theta'''$$

$$F = q\,q\,V(\theta + \theta''')$$

44. Non mi trattengo a compiere la separazione degli elementi cercati, che non ha difficoltà, massime se la non troppo ristretta sezione del tubo permette di trascurare l' attrito che l' acqua vi soffre. Osserverò soltanto 1.° che ciò che trovasi nella presente soluzione aggiunto

ai risultati dell' ordinaria teoria delle trombe, è ben piccola cosa relativamente alla portata, non così per rispetto alla legge, e natura del giuoco di queste macchine; 2.° che la presenza dell' aria compressa è pressochè inutile nelle trombe prementi, non servendo che a preservarle al termine del moto delle valvole dallo sforzo della debole percossa dell' acqua influente nella campana; 3.° che volendo togliere alla tromba l' aria condensata non si ha che da sopprimere di sopra il sistema d' elementi, e di formole del num 42, e supplire all' intervallo di pressione del num. 43. il calcolo del moto iniziale accelerato della colonna ascendente dovuto allo sforzo della percossa non più trascurabile, massime quando sia $q' = m'^2$, come conviene in questo caso; 4.° che in fine il carattere che distingue la tromba premente dall' ariete idraulico, consiste in questo solo, che nella prima la forza motrice esterna $g m^2 M$ debb' essere maggiore del peso della colonna d' acqua d' egual base del tubo d' elevazione, nel secondo può essere minore, come si scorge dal valore immaginario, che risulta di V, $6'''$, ed F del numero precedente, quando sia $M < A + a + r - h - d$, ommesso l' attrito, il che ci avvisa non farsi luogo in tal caso nella tromba all' intervallo di pressione, e tutta ridursi l' azione sua ai due intervalli antecedenti.

III.

Ariete di Montgolfier.

45. La specie di doppia zangola poc' anzi descritta sembra fatta espressamente per tener luogo di anello immediato di comunanza, e confronto di tutti gli arieti idraulici fra loro, e colle macchine che operano per semplice diretta pressione esteriore. Tolganvisi di nuovo i tramezzi, e la valvola ambulante, e inoltre uno dei condotti verticali con tutta l' armatura esterna adattando all' estremità del condotto orizzontale, che rimane così aperta, qualcuna delle solite valvole di fermata, e annestando l' estremità superiore del residuo condotto verticale al fondo di una vasca piena d' acqua. Avrassi per tal modo la bella invenzione di Montgolfier interamente ripristinata. Della quale sebbene a tutti sia nota la struttura, e l' effetto, e già chiaro apparisca dai ragionamenti superiori l' intimo processo, e 'l modo di calcolarlo, converrà nondimeno soggiugnerne un apposito succinto esame in questo scritto destinato a trarne in maggior lume il principio fondamentale, e a moltiplicarne le applicazioni.

46. Divisione del giuoco di questa macchina. I.° Riaprasi tutt' a un tratto la valvola di fermata. L' acqua del condotto si porrà tosto in

moto sboccando con forza, e ampiezza di getto successivamente maggiore, finchè la valvola per l' urto della corrente, che l' investe, più non regge colla forza della sua armatura a tenersi aperta, e si riserra nuovamente. Questa prima parte d' azione corrisponde alla caduta del maglio della prima delle due macchine precedenti, e al tragitto della palla da un tramezzo all' altro della seconda.

II.° L' acqua arrestata rivolge contro le pareti del condotto uno sforzo proporzionale alla quantità di moto, di cui trovasi dotata in quell' istante; sbalza quindi la valvola di salita verso il suo ritegno superiore rimovendo insieme l' acqua circostante della campana, e riempiendo la cavità cilindrica percorsa dalla valvola. Nel tempo stesso l' aria della campana acquista un nuovo grado di densità, e l' acqua incomincia a montar più veloce nel tubo e per l' urto di questa prima irruzione, e per l' accresciuta elasticità dell' aria. È questo identicamente l' intervallo che abbiamo denominato di percossa nel primo ariete.

III.° Dopo l' arrivo della valvola di salita al termine del suo aprimento il moto dell' acqua del condotto viene limitato alla sola corona, che resta aperta d' intorno alla valvola. E qui prevalendo tutt' ora contro l' acqua, e l' aria della campana l' acqua urtante seguita a penetrarvi, sinchè le accresciute resistenze la vincono sopra il di lei moto, e sopra la pressione della conserva. Vieppiù s' accelera frattanto il passaggio dell' acqua della campana nel tubo ascendente. E così si compie l' identico utile intervallo d' iniezione descritto nel primo ariete.

IV.° L' aria condensata in questi due intervalli da una forza di gran lunga maggiore della pressione del carico della vasca, mentre per la sua elasticità altrettanto maggiore della pressione stessa continuerà ad alimentare il tubo ascendente, obbligherà eziandio l' acqua sottoposta a farsi strada nel condotto orizzontale producendovi un moto retrogrado verso la conserva, e mantenendo chiusa tuttora la valvola di fermata; la cui forza non può certamente riaprirla contro tanta resistenza, poichè non valse nemmeno a sostenere l' impulso minore della corrente di dispersione antecedente. L' acqua però che ricade dalla campana nel condotto, non può essere che tanta quanta seguì la valvola di salita nella breve sua corsa, supposta pienamente libera la valvola stessa, e di gravità specifica pari a quella dell' acqua.

V.° Il primo istante dopo la caduta, e 'l chiudimento di questa valvola sarà quello evidentemente della minima resistenza dell' acqua del condotto contro la valvola di fermata; giacchè prima è maggiore tale resistenza in virtù delle forze della campana, che la valvola di salita ancora alzata lascia operare liberamente; e diviene maggiore dopo l' istante medesimo; poichè il moto retrogrado dell' acqua del

condotto ammorzandosi rapidissimamente fa sempre più luogo alla pressione della conserva. Dunque o l' ariete cesserà di agire, o la valvola di fermata dovrà riaprirsi in quell' istante per la propria forza, e per la pressione dell' aria esterna, cui lo stesso moto retrogrado lascia prevalere sulla pressione interna dell' acqua del condotto. In questa parte del giuoco del presente ariete, che finisce col riserrarsi della valvola della campana, ognuno ravvisa tutte le proprietà del superiore intervallo di respiro.

VI.° Il riaprimento della valvola d' arresto non sarà rigorosamente il principio del nuovo sbocco di dispersione del condotto; nel quale resta prima da estinguersi interamente il rigurgito sostenuto dal contemporaneo impulso dell' aria esterna, e dell' acqua eziandio, che convien trattenere a una discreta altezza sulla fronte dell' ariete appunto per impedire, che la corrente reflua si tragga dietro l' aria, e si disciolga. Nascerà quindi alcun ritardo del rinovamento della dispersione, e della percossa, ritardo che dipenderà dalla maggiore o minore prontezza del totale riaprimento della valvola, dalla maggiore o minor presa che avrà avuto sull' acqua retrograda l' acqua esterna, e ancora dalla diversa lunghezza, e capacità del condotto. Questo residuo tratto di tempo aggiunto a quello della consecutiva dispersione già descritta nell' osservazione I.ª formerà l' intervallo di riposo del presente ariete, che fin qui abbiamo supposto operare coll' intervento d' aria imprigionata nella campana.

Come operi l' ariete stesso in mancanza d' aria compressa, e quali e quanti intervalli ne costituiscano l' interno processo, già ognuno può rilevarlo da questa esposizione medesima. Avremo in seguito occasione di riconoscere le più essenziali differenze dei due casi,

47. Calcolo del colpo $(n+1)$ esimo. Distinguerò nel presente calcolo i due casi di perenne afflusso d' acqua, che mantenga costantemente piena la conserva, e di un afflusso limitato costante, che soltanto in parte suplisca lo scarico richiesto dall' ariete. Avrò altresì distinto riguardo delle due costruzioni di esso poc' anzi accennate ad aria condensata, e ad acqua sola. In fine rappresenteranno

a l' altezza del condotto verticale sopra il centro dell' imboccatura del condotto orizzontale;

a la lunghezza di questo condotto sino alla luce di dispersione.

a' la distanza dall' origine del condotto orizzontale del centro dell' apertura di salita, che ora convien tenere più vicina che si può alla valvola d' arresto;

b' l' altezza dell' acqua, in cui sta immersa la testa dell' ariete, sopra il centro della valvola;

$'m$ la sezione della conserva prismatica, e verticale, che suporrò estremamente grande in confronto delle sezioni normali dei condotti

m' la sezione del condotto verticale;

m'' quella dell' orizzontale,

R il suo semidiametro;

m''_1 la luce di dispersione;

m'^{t} la luce di salita;

R' il semidiametro del tubo di elevazione;

$'m^2$ w la quantità costante d' acqua, che la sorgente somministra alla conserva in ciascuna unità di tempo;

B_n l' altezza alla fine del colpo n esimo dell' acqua della conserva sopra la bocca del condotto verticale annestato al fondo di essa;

B l' altezza medesima costante in caso d' abbondanza d' acqua;

F'_n la quantità d' acqua, che l' ariete sottrae alla conserva durante il colpo n esimo.

Tranne queste aggiunte, e poche altre modificazioni, che verrò indicando in progresso, farò uso nuovamente delle denominazioni, e convenzioni stabilite ai numeri 13, e 14.

48. Intervallo di percossa. Corra l' acqua del condotto orizzontale con velocità U nel momento, in cui si chiude la valvola di fermata, nel quale fisso il termine del colpo n esimo. Suppongasi così felice la costruzione di questa valvola, che U sia l' intera velocità finale dovuta all' accelerazione libera del carico della vasca, e dell' annesso condotto verticale continuata sino all' istante dell' arresto, come se prima la valvola non ci fosse. La generazione di questa velocità appartenendo all' intervallo di riposo, se ne troverà fra gli elementi di quello l' espressione. Chiamisi u la velocità della corrente stessa alla fine di una porzione t di questo, e d' ogni altro intervallo; b l' altezza del supremo livello della conserva sopra il suo fondo; l l' altezza dell' acqua nel tubo; s l' altezza nella campana sopra il livello d' equilibrio tra l' aria compressa e la colonna del tubo; x la porzione della corsa fatta dalla valvola di salita; gz, e gy le resistenze d' attrito e tenacità dell' acqua nel condotto orizzontale, e nel tubo ascendente. Rammentando l' espressione

$$\psi(s) = \frac{c\,E}{c - c' - s} + c' + s$$

e l' equazione, da cui s' intende preso il valore di c'

$$\psi(o) = A + E$$

troveremo mediante la successiva applicazione della formola generale delle pressioni l' equazione lal moto dell' acqua del presente intervallo d' azione nel caso di presenz ı d' aria compressa

$$\left[a''+a\frac{m'm'}{mm}+x\frac{m'm'}{m''^2}+\frac{m'm'}{pp}(h+c'+s)\right]\frac{du}{g\,dt}=$$

$$\mathbf{E}+a+b-h-a''z-\psi(s)-\frac{m'^4uu}{2g\,m''^4}\ldots(a)$$

o si avranno in oltre le equazioni

$$m'm'u\left(=m''m''\frac{dx}{dt}\right)=pp\,\frac{ds}{dt}\ldots(c)$$

$$m'm'u=m^2\psi-m^2\frac{db}{dt}\ldots(c')$$

volute dal riparto dell' acqua fra le varie parti del vaso composto, assunta di nuovo la semplificazione dell' ipotesi del getto accumulato in questo, e nel seguente intervallo dell' ariete ad aria compressa.

Nell' ariete ad acqua il moto attuale sarà espresso dall' equazione

$$\left[a''+a\frac{m'm'}{mm}+h\frac{m'm'}{pp}+l\frac{m'm'}{m''^2}+x\left(\frac{m'm'}{m''^2_4}-\frac{m'm'}{pp}\right)\right]\frac{du}{g\,dt}=$$

$$b+a-h-a''z-l(1+\gamma)-\frac{uu}{2g}\left(\frac{2m''}{m''+}-\frac{m'^4}{p^4}\right)\ldots(a)$$

sussistendo ancora l' equazione precedente (c'), e l' altra (c) divenendo ora

$$m'm'u\left(=m''m''\frac{dx}{dt}\right)=m''m''\frac{dl}{dt}$$

Qui a cagione dell' ipotesi che siam costretti di ritenere dell' incomprensibilità dell' acqua e delle pareti dei condotti, non era permesso di contemplare il caso della sezione q^2 del tubo minore del piano $m'^{/2}$ della valvola. Perciò nel costituire la nuova equazione (a) fu preso $q'=m'^{/2}$, ommessa la piccola differenza tra l' ampiezza della valvola, e la luce $m'^{/1}$.

46. Esprima (U) la velocità, colla quale la corrente del primo ariete incomincia dopo la percossa a penetrare dietro la valvola urtata nella campana, e sia $m'^2<m'^2$. Per la legge generale della comunicazione del moto mediante la percossa rimarrà impressa alle due

masse cilindriche d' acqua di sezione comune m'^2, e di lunghezze $a'+a+B_n$, $h+c'+S_n$ la velocità $\frac{U(a''+a+B_n)}{a''+a+B_n+c'+h+S_n}$.

Così nell' ariete ad acqua la colonna urtante di lunghezza $a''+a+B_n$, e l' urtata di lunghezza $h+L_n$ confinanti col piano rigido m'^2, cui supponiamo in oltre l' imboccatura del tubo direttamente opposta, resteranno animate dalla velocità istantanea $\frac{U(a'+a+B_n}{a'+a+B_n+h+L_n}$.

Tale è la velocità iniziale, con cui la valvola rigida incomincia dal suo canto il novello moto, che consideriamo; ma nel condotto la fluidità che rientra tosto in esercizio, la modifica secondo la legge osservata dal Castelli, e ne compone la velocità cercata

$$(U)=\frac{U m'' m''(a''+a+B_n)}{m' m'(a''+a+B_n+c'+h+S_n)}$$

$$(U)=\frac{U m'' m''(a''+a+B_n)}{m' m'(a''+a+B_n+h+L_n)}$$

rispettivamente.

Quando fosse $m''^2 > m'^2$: la velocità iniziale dell' acqua del condotto sarebbe la stessa U residua nell' atto della pescossa; e pel principio detto poc' anzi si cangerebbe in

$$(U)=\frac{m' U(a''+a+B_n)}{m'^2(a''+a+B_n)+m''^2(h+c'+S_n)}$$

nel primo ariete, e nel secondo in

$$(U)=\frac{m' U(a''+a+B_n)}{m'^2(a''+a+B_n)+m''^2(h+L_n)}$$

Nell' integrare per tanto le equazioni precedenti determineremo così le costanti arbitrarie, che a $t=o$ corrisponda $u=(U)$. Sarà poi a

questo stesso limite $s = S_n$, $l = L_n$, $x = o$, $b = B_n$, $z = Z_n$, $\gamma = Y_n$, essendo nell' espressione di $Z_n(U)$ la velocità, e in quella di Y_n essendo $\frac{m^2}{m'^2}(U)$. All' altro limite avremo secondo le convenzioni del numero 14. $t = \theta_{n+1}$, $u = U'$, $s = S'$, $l = L'$. $x = e$, $b = B'$, $z = Z'$, $\gamma = Y'$ per entrambi gli arieti, salva la diversa determinazione rispettiva di queste quantità.

Sull' esempio degli autori, che m' avevano preceduto nel calcolo dell' ariete di Montgolfier, io aveva nella summentovata prima memoria assunta l' intera velocità U antecedente alla percossa per la velocità iniziale dell' analogo intervallo d' azione dei due primi arieti. Ma in tal modo s' introduce tra 'l moto antecedente, e il moto susseguente alla percossa una continuità, che non esiste, e si attribuisce all' ariete una forza, che pel restringimento delle comunicazioni, e per l' inerzia della massa dell' acqua urtata della campana rimane essenzialmente distratta, e senza effetto.

5o. Intervallo d' iniezione. All' arrivo della valvola di comunicazione contro il suo ritegno superiore, l' acqua che l' incalza con velocità $\frac{m'^2 U'}{m'^2}$, dà un urto corrispondente su tutti i punti dell' armilla che la circonda, e con tale sforzo si apre la via obbliqua della nuova luce k^2. Farà dunque una seconda perdita di moto, per la quale l' iniziale velocità del nuovo intervallo non sarà nel condotto tutta intera l' antecedente U', ma una parte soltanto (U) di essa. Qui però si può supporre, che l' acqua della campana in grazia del moto d' elevazione, di cui già è dotata, non arrechi sensibile resistenza al primo ingresso istantaneo per la luce k^2 dell' acqua urtante, e questa non soffra perciò nel condotto che la modificazione cagionata dal nuovo restringimento di comunicazione ulteriore. Avrassi pertanto nei due casi

$$(U') = \frac{k\,k U'}{m'' m''}$$

cosicchè se sarà $k^2 =$, o anche $> m'^2$, rimarrà $(U') = U'$.

Assegnato il principio del nuovo moto, ce ne verrà col solito calcolo rappresentato il progresso nell' ariete ad aria, e a tubo tuttora chiuso colle equazioni

$$\left[a'' + a\frac{m'm'}{mm} + \frac{m'm'}{pp}(h + c' + s)\right]\frac{du}{g\,dt} = E + a + b - a''z - \psi(s) - \frac{m'^2 u}{2g\,k^2} \quad (a)$$

$$m'm'u = pp\frac{ds}{dt} \ldots (c)$$

$$m'm'u = {}'m'mw - {}'m'm\frac{db}{dt} \ldots (c')$$

e nell' ariete ad acqua sola dalla stessa (c'), e dalle due

$$\left(a'' + a\frac{m'm'}{mm} + h\frac{m'm'}{pp} + l\frac{m'm'}{m''m''}\right)\frac{du}{gdt} = a + b - h - a''z - l(1+\gamma) -$$

$$\frac{uu}{2g}\left(\frac{m'^4}{k^4} - \frac{m'^4}{p^4} + \frac{m'^4}{m''^4}\right) \ldots (a)$$

$$m'm'u = m''m''\frac{dl}{dt} \ldots (c)$$

trascurato in ambi i casi il piccol tronco d'altezza $\frac{e}{2}$, che separa le due luci k^4, m'^4, come se la primà fosse immediatamente sostituita alla seconda. Quando sarà $k^4 = m'^4$; si porrà m'^4 in luogo di k^4. Fisseranno poi il primo limite dell' integrazione, che resta a farsi, i valori $t = o$, $u = (U')$, $s = S'$, $b = b'$, $z = z'$; e il secondo limite i valori $t = \theta'_{n+1}$, $u = o$, $s = S''$, $b = B''$, $z = Z'' = o$ nell' ariete ad aria compressa. E nell' ariete ad acqua l' integrazione s' estenderà dai valori $t = o$, $u = (U')$, $l = L'$, $b = B'$, $z = Z'$, $\gamma = Y'$ ai valori $t = \theta'_{n+1}$, $u = o$, $l = L''$, $b = B''$, $z = Z''$, $u = o$, $\gamma = Y'' = o$

51. Intervallo di respiro. Il moto refluo nel condotto, e diretto nel tubo riaperto, cui dà ora principio l' elasticità prevalente dell' aria della campana, si troveranno compresi nelle equazioni

$$\left[a'' + a\frac{m'm'}{mm} + (e-x)\left(\frac{m'm'}{m''m''} - \frac{m'm'}{pp}\right) + \frac{m'm'}{pp}(h + c' + s)\right]\frac{du}{gdt} =$$

$$\psi(s) + h - a - b - E - a''z - \frac{m'^4uu}{2gm''^4} \ldots (a)$$

$$l\frac{dv}{gdt} = \psi(s) - E - l(1+\gamma) - \frac{vv}{2g} \ldots (b)$$

soppressi nell' equazione (b) i termini affetti dalla piccola sezione q^2 del tubo. L' equazione del moto unico di rigurgito dell' altro ariete sarà

$$\left[a''+a\frac{m'm'}{mm}+h\frac{m'm'}{pp}+l\frac{m'm'}{m''m''}+(e-x)\left(\frac{m'm'}{m''m''}-\frac{m'm'}{pp}\right)\right]\frac{du}{g\,dt}=$$

$$k-a-b-a''z+l(1-\gamma)-\frac{uu}{2g}\left(\frac{m'^4}{m''^4}-\frac{m'^4}{p^4}\right) \quad \ldots (a)$$

cui la restituzione, che ora si fa d' acqua alla conserva, e la sottrazione alla campana, la condizione della continuità della massa corrente, e 'l moto contemporaneo della valvola che si chiude, aggiungono nel primo caso l' equazione

$$m'm''u\left(=m''m''\frac{dx}{dt}\right)=-qqv-pp\frac{ds}{dt} \quad \ldots (c)$$

nel secondo quest' altra

$$m'm'u\left(=m''m''\frac{dx}{dt}\right)=-m''m''\frac{dl}{dt} \quad \ldots (c)$$

e in entrambi i casi la terza

$$m'm'u+'m'mv='m'm\frac{db}{dt} \quad \ldots (c')$$

Qui la nuova integrazione si estenderà pei due arieti da $t=o, u=o, v=o, s=S'', l=L'', x=o, b=B'', y=o, z=o$ a $t=\theta''_{n+1}$ $u=U''', v=V''', s=S''', l=L''', x=e, b=B''', y=Y'''$, $z=Z'''$, posta $=U'''$ la velocità residua del rigurgito nel condotto orizzontale alla fine dell' intervallo. Ben si vede poi, che terminando con quest' intervallo il moto dell' acqua nel tubo dell' ariete privo d' aria, sarà per esso $L'''=L_{n+1}$. Nell' altro ariete all' opposto, in cui l' acqua incomincia a risalire nel tubo all' incominciare di questo intervallo medesimo, sarà $L''=L_{n_1}$.

52. I tempi estremamente piccoli θ_{n+1}, θ'_{n+1}, e la tratta cortissima e della valvola di salita rendono vantaggiosa la facile integrazione per serie delle equazioni fin qui assegnate. Avremo con questo mezzo, e sotto le condizioni premesse le espressioni generali di tutti gli elementi estremi dei primi tre intervalli d' azione dei due arieti.

$$(I'')\quad U' = (U) + \frac{g\,\theta_{n+1}}{a'' + a\frac{m'\,m'}{m\,m} + \frac{m'\,m'}{p\,p}(h - c' + S_n)}\,(E + a +$$

$$B_n - h - a''Z_n - \psi(S_n) - \frac{m'^4\,(U)^2}{2\,g\,m''^4} + \text{ec.}$$

$$c = \frac{m'\,m'}{m''m''}(U)^3_{n+1} + \text{ec.}$$

$$S' = S_n + \frac{m'\,m'\,(U)}{p\,p}\,\theta_{n+1} + \text{ec.}$$

$$B' = B_n - \left(\frac{m'\,m'\,(U)}{m'\,m} - w\right)\theta_{n+1} - \text{ec.}$$

$$(II'')\quad o = (U') + \frac{g\,\theta'_{n+1}}{a'' + a\frac{m'\,m'}{m\,m} + \frac{m'\,m'}{p\,p}(h + c' + S')}\,(B' + E +$$

$$a - h - a''Z' - \psi(S') - \frac{m'^4\,(U')^2}{2\,g\,k^4} + \text{ec.}$$

$$S'' = S' + \frac{m'\,m'\,(U')}{p\,p}\,\theta'_{h+1} + \text{ec.}$$

$$B'' = B' - \left(\frac{m'\,m'\,(U')}{m'\,m} - w\right)\theta'_{n+1} - \text{ec.}$$

$$(III'')\quad U''' = \frac{g\,\theta''_{n+1}\,(\psi(S'') + h - a - E - B'')}{a'' + a\frac{m'\,m'}{m\,m} + e\left(\frac{m'\,m'}{m''\,m''} - \frac{m'\,m'}{p\,p}\right) + \frac{m'\,m'}{p\,p}(h + c' + S'')}$$

$$\frac{g\,\theta''_{n+1}\left(\frac{db}{dt} + a''\,aH\right)}{2\left[a'' + a\frac{m'\,m'}{m\,m} + e\left(\frac{m'\,m'}{m''\,m''} - \frac{m'\,m'}{p\,p}\right) + \frac{m'\,m'}{p\,p}(h + c' + S'')\right]} + \text{ec.}$$

$$e = \frac{g\,m'\,m'\,\theta''^{2}{}_{n+1}(\psi(S'')+h-a-E-B'')}{2m''m''\left[a''+a\frac{m'\,m'}{m\,m}+e\left(\frac{m'\,m'}{m''\,m''}-\frac{m'\,m'}{p\,p}\right)+\frac{m'm'}{p\,p}(h+c'+S'')\right]}+\text{ec.}$$

$$S''' = S'' - e\frac{m''m''}{p\,p} - \frac{g\,q\,q\,\theta''^{2}{}_{n+1}}{2\,p\,p\,L_n}(\psi(S'')-E-L_n)-\text{ec.}$$

$$V''' = \frac{g\,\theta''{}_{n+1}}{L_n}(\psi(S'')-E-L_n) - \frac{g\,g\,H'\,\theta''^{2}{}_{n+1}}{2L_n}(\psi(S'')-E-L_n)+\text{ec.}$$

$$B''' = B'' + w\theta''{}_{n+1} + e\frac{m''\,m''}{'m\,'m}$$

$$L''' = L_n + \frac{g\,\theta''^{2}{}_{n+1}}{2L_n}(\psi(S'')-E-L_n)+\text{ec.}$$

$$(\text{II})\quad U' = (U) + \frac{g\theta_{n+1}\left[B_n+a-h-a''Z_n+L_n(1+Y_n)-\frac{(U)^2}{2g}\left(\frac{2m'^4}{m''^4}-\frac{m'^4}{p^4}\right)\right]}{a''+a\frac{m'\,m'}{m\,m}+h\frac{m'\,m'}{p\,p}+L_n\frac{m'\,m'}{m''m''}}+\text{ec.}$$

$$e = \frac{m'\,m'}{m''\,m''}(U)\theta_{n+1}+\text{ec.}$$

$$B' = B_n - \left(\frac{m'\,m'\,(U)}{'m\,'m}-w\right)\theta_{n+1}+\text{ec.}$$

$$L' = L_n + e$$

$$(\text{II})\quad o = (U') + \frac{g\theta'_{n+1}\left[B'+a-h-a''Z'-L'(1+Y')-\frac{(U')^2}{2g}\left(\frac{m'^4}{k^4}-\frac{m''^4}{p^4}+\frac{m'^4}{m''^4}\right)\right]}{a''+a\frac{m'\,m'}{m\,m}+h\frac{m'\,m'}{p\,p}+L'\frac{m'\,m'}{m''\,m''}}+\text{ec.}$$

$$B'' = B' - \left(\frac{m'\,m'\,(U')}{'m\,'m}-w\right)\theta_{(n+1}+\text{ec.}$$

$$L'' = L' + \frac{m'm'(U)}{m''m''}\theta'_{n+1} + \text{ec.}$$

$$('III)\quad U''' = \frac{g\theta''_{n+1}(L'' + h - a - B'')}{a'' + a\frac{m'm'}{mm} + h\frac{m'm'}{pp} + L''\frac{m'm'}{m''m''} + e\left(\frac{m'm'}{m''m''} - \frac{m'm'}{pp}\right)} -$$

$$\frac{g\theta''_{n+1}\left[\frac{db}{dt} + a'\left(a''H + H'L''\frac{m'm'}{qq}\right)\right]}{2\left[a'' + a\frac{m'm'}{mm} + h\frac{m'm'}{pp} + L''\frac{m'm'}{m''m''} + e\left(\frac{m'm'}{m''m''} - \frac{m'm'}{pp}\right)\right]} + \text{ec.}$$

$$e = \frac{gm'm'\theta''_{n+1}(L'' + h - a - B'')}{2m''m''\left[a'' + a\frac{m'm'}{mm} + h\frac{m'm'}{pp} + L''\frac{m'm'}{m''m''} + e\left(\frac{m'm'}{m''m''} - \frac{m'm'}{pp}\right)\right]} + \text{ec.}$$

$$B''' = B'' + w\theta''_{n+1} + \frac{m''m''}{m'm}e$$

$$L_{n+1} = L'' - e$$

In entrambi i sistemi si porrà $db = o$, allorchè sarà inesausta la conserva, e dappertutto $B_n = B' = B'' = B$ tralasciando la penultima equazione di ciascun intervallo. Quando l' acqua sarà giunta alla cima del tubo, si ommetterà l' ultima equazione di tutti gli intervalli, e si porrà in tutte le altre del primo sistema $L_n = L' = L'' = A$, e in quelle del secondo $L' = L'' = A$, $L_n = A - e$. Si avverta in fine, che fu posto per brevità nella prima delle equazioni (III'')

$$a = \frac{g(\psi(S') + h - a - E - B'')}{a'' + a\frac{m'm'}{mm} + e\left(\frac{m'm'}{m''m''} - \frac{m'm'}{pp}\right) + \frac{m'm'}{pp}(h + c' + S'')}$$

e nella prima delle ('III)

$$a' = \frac{g(L'' + h - a - B'')}{a'' + a\frac{m'm'}{mm} + h\frac{m'm'}{pp} + L''\frac{m'm'}{m''m''} + e\left(\frac{m'm'}{m''m''} - \frac{m'm'}{pp}\right)}$$

e che fu richiamata l' espressione del rapporto dell' attrito, e coesione dell' acqua alla gravità accennata al num. 14.

$$Y = HV + KVV$$

Secondo le sperienze più recenti, e accurate, e il calcolo comunemente ricevuto di questa resistenza si hanno pel condotto orizzontale valori metrici

$$H = \frac{0,00012}{R}$$

$$K = \frac{0,009}{2gR}$$

quindi

$$Z_n = \frac{0,00012}{R}(U) + \frac{0,009(U)^2}{2gR}$$

$$Z' = \frac{0,00012}{R}(U') + \frac{0,009(U')^2}{2gR}$$

e pel tubo verticale

$$H' = \frac{0,00012}{R'}$$

$$K' = \frac{0,009}{2gR'}$$

d' onde viene

$$Y_n = \frac{0,00012\,m'^2(U)}{R'm'^4} + \frac{0,009\,m'^4(U)^2}{2gR'm'^4}$$

$$Y' = \frac{0,00012\,m'^2(U')}{R'm'^4} + \frac{0,009\,m'^4(U')^2}{2gR'm'^4}$$

53. Intervallo di riposo. Serrata la valvola di salita, resta sottratta all' acqua refina del condotto tutta la pressione, che vi esercitava l' aria, e l' acqua della campana, e viene abbandonata alla sola forza del proprio moto, alla pressione della molla, o altro ordigno della valvola di dispersione, a quella dell' aria, e dell' acqua adiacente esteriore,

e del carico della conserva, e alla resistenza d' attrito, e d' imperfetta fluidità. Per le quali circostanze seguirà, come già dissi, l' aprimento della valvola di fermata; che supporrò così pronto, che possa ritenersi contemporaneo al chiudimento di quella di salita. Egualmente pronta a introdursi nel condotto supporrò l' acqua del bacino, in cui sta immersa la testa dell' ariete, e di cui riguarderò come indefinita la sezione in paragone di quella del condotto; cosicchè il moto seguiti fin dal principio del nuovo intervallo con velocità iniziale U''' in tutta la lunghezza del condotto. Poste queste condizioni la continuazione del riflusso si ridurrà nell' ariete munito d' aria alle equazioni

$$\left(a' + a\frac{m'm'}{mm}\right)\frac{du}{g\,dt} = b' - a - b - a'z - \frac{m'^2 u^2}{2g m_1^4} \quad . . (a)$$

$$l\frac{dv}{g\,dt} = \psi(s) - E - l(1+\gamma) - \frac{vv}{2g} \quad . . (b)$$

$$qqv = -pp\frac{ds}{dt} \quad . . (c)$$

$$m'm'u + 'm'mw = 'm'm\frac{db}{dt} \quad . . (c')$$

Al moto analogo dell' ariete privo d' aria apparterranno le due (a), (c').

54. La pressione dell' acqua della conserva, spento il riflusso, dà subito nascimento al moto contrario accelerato; e subito ha principio lo sbocco di dispersione, che dura, finchè il getto non ha acquistato la forza, e l' ampiezza richiesta per vincere la valvola di fermata, e metter fine all' intervallo di riposo. Il che intenderò operarsi del pari tutt' a un tratto in ogni colpo, e in virtù sempre di uno stesso grado di forza del getto, e senza che la nuova corrente soffra verun impedimento nella sua accelerazione, attribuendo di nuovo alla valvola la massima perfezione, comechè in pratica inarrivabile, di sua costruzione, armatura, e collocamento; che sarebbe opera perduta il trattenerci a considerare sopra questo proposito qualunque altra ipotesi, o limitazione, a nissuna ipotesi particolare non potendosi mantenere lungamente fedele l' atteggiamento, e la forza di una valvola soggetta a sì rovinose continue percosse da un lato, e scoperta dall' altro, e priva d' appoggio per tanta parte di sua superficie. Ciò premesso, verremo colla regola solita a comprendere i movimenti diretti di questa seconda parte dell' intervallo di riposo dell' ariete ad aria condensata nelle quattro equazioni

$$\left(a' + a_{\circ} \frac{m'm'}{mm}\right) \frac{du}{g\,dt} = a + b - b' - a'z - \frac{m'^4 uu}{2gm_1^4} \ldots (a)$$

$$r \frac{dv}{g\,dt} = \psi(s) - E - l(1 + y) - \frac{vv}{2g} \ldots (b)$$

$$qqv = -pp \frac{ds}{dt} \ldots (c)$$

$$m'm'v - {}'m'mw = -{}'m'm \frac{db}{dt} \ldots (c')$$

e nelle due sole (a), (c') il moto unico di dispersione dell' ariete semplice.

55. Siano ${}_{1}\theta_{n+1}$ la durata della prima parte dell' attuale intervallo, o sia del rigurgito posteriore alla discesa della valvola della campana espresso nelle equazioni del num 53. ${}_{1}V$, ${}_{1}S$, ${}_{1}B$, ${}_{1}L$ i valori finali de' suoi elementi, quello di u essendo $= o$. Tra questi valori, e gli antecedenti, che terminarono l' intervallo di respiro, dovremo integrare quelle equazioni. Questi stessi valori costituiranno il primo limite delle equazioni della seconda parte esposte poc' anzi. Chiamisi ${}_{2}\theta$ la durata della dispersione, che per noi sarà la stessa in tutti i colpi; e ${}_{2}\theta'_{n+1}$ la durata del moto contemporaneo dell' acqua nel tubo ascendente dell' ariete ad aria: Se questo moto non sarà interrotto durante lo scarico di dispersione, dovrà porsi ${}_{2}\theta'_{n+1} = {}_{2}\theta$. Compiendosi in oltre col presente intervallo anche il colpo $(n+1)$ esimo, sarà alla fine giusta le nostre convenzioni $u = U$, $v = V_{n+1}$, $l = L_{n+1}$, $s = S_{n+1}$, $y = Y_{n+1}$, $z = Z_{n+1}$, $b = B_{n+1}$

Dissi, che l' integrazione delle equazioni del numero 53 deve incominciare dai valori propri dei loro elementi variabili alla fine dell' intervallo di respiro. Non è così rigorosamente. Al chiudersi della valvola di salita l' acqua della campana perde tutt' a un tratto il principale suo moto di discesa nel condotto, e imprime per questa perdita alla colonna del tubo una forza di proiezione, e quindi un aumento di velocità, per cui in quella determinazione il valore di v corrispondente a $t = o$ riesce $> V'''$ nell' ariete ad aria. Ma tralasceremo questa piccola proiezione iniziale ritenendo $v = V'''$; il che non sarà inutile compensamento della resistenza d' attrito dell' acqua, che avremo in seguito occasione di trascurare.

56. Avvertite tutte queste cose, la forma dell' equazioni dei due numeri 53, e 54; nelle quali è compresa l' azione dell' intervallo tuttavia detto di riposo, e l' attitudine degli elementi ${}_1{}^{\theta}{}_{n+1}$, ${}_2{}^{\theta'}{}_{n+1}$, ${}_2{}^{\theta}$ all' approssimazione ci guidano ai due sistemi di serie finali pei due usi diversi dell' ariete

$$(\mathrm{IV}')^0 = \mathrm{U}''' - \frac{g\,m\,m}{a\,m'\,m' + a'\,m\,m}\,{}_1{}^{\theta}{}_{n+1}\,(\mathrm{B}''' + a - b' + a'\,\mathrm{Z}''' +$$

$$\frac{m'^4\,\mathrm{U}'''^2}{2gm\,{}_1{}^4} - \frac{g\,m\,m}{2(am'm' + a'mm)}\,{}_1{}^{\theta^2}{}_{n+1} \times \Big[\frac{db}{dt} - \frac{m\,m}{a\,m'\,m' + a'\,m\,m}\,a'\,\mathrm{H}\,g +$$

$$2\,a'\,g\,\mathrm{K}\,\mathrm{U}''' + \frac{m'\,\mathrm{U}'''}{m\,{}_1{}^4}\Big)\Big(\mathrm{B}''' + a - b' + a'\,\mathrm{Z}''' + \frac{m'^4\,\mathrm{U}'''^2}{2\,g\,m\,{}_1{}^4}\Big)\Big] + \text{ec.}$$

$${}_1\mathrm{V} = \mathrm{V}''' + \frac{g\,{}_1{}^{\theta}{}_{n+1}}{\mathrm{L}'''}\Big[\psi\,(\mathrm{S}''') - \mathrm{E} - \mathrm{L}'''(1 + \mathrm{Y}''') - \frac{\mathrm{V}'''^2}{2\,g}\Big] -$$

$$\frac{g\,{}_1\,\theta^2 n+1}{2\,\mathrm{L}'''}\Big[\frac{dl}{dt}(1 + \mathrm{Y}''') + \frac{q\,q\,\mathrm{V}'''}{p\,p}\Big(1 + \frac{c\,\mathrm{E}}{(c - c' - \mathrm{S}''')^2}\Big) +$$

$$\frac{\mathrm{V}''' + \dfrac{dl}{dt} + g\mathrm{L}'''(\mathrm{H}' + 2\mathrm{K}'\mathrm{V}''')}{\mathrm{L}'''}\Big(\psi(\mathrm{S}''') - \mathrm{E} - \mathrm{L}'''(1 + \mathrm{Y}''') - \frac{\mathrm{V}'''^2}{2\,g}\Big)\Big] + \text{ec.}$$

$${}_1\mathrm{S} = \mathrm{S}''' - \frac{q\,q\,\mathrm{V}'''}{p\,p}\,{}_1{}^{\theta}{}_{n+1} - \frac{g\,q\,q\,{}_1\,\theta^2 n+1}{2\,p\,p\,\mathrm{L}'''}\Big]\psi(\mathrm{S}''') - \mathrm{E} -$$

$$\mathrm{L}'''(1 + \mathrm{Y}''') - \frac{\mathrm{V}'''^2}{2\,g}\Big] - \text{ec.}$$

$${}_1\mathrm{B} = \mathrm{B}''' + \Big(\frac{m'\,m'\,\mathrm{U}'''}{m^2} + w\Big)\,{}_1{}^{\theta}{}_{n+1} -$$

$$\frac{g\,m\,m\,m'\,m'\,{}_1{}^{\theta^2}{}_{n+1}}{2\,m^2(a\,m'\,m' + a'\,m\,m)}\Big(\mathrm{B}''' + a - b' + a'\,\mathrm{Z}''' + \frac{m'^4\,\mathrm{U}'''^2}{2gm\,{}_1{}^4}\Big) + \text{ec.}$$

$${}_1\mathrm{L} = \mathrm{L}''' + \mathrm{V}'''\,{}_1{}^{\theta}{}_{n+1} + \frac{g\,{}_1{}^{\theta^2}{}_{n+1}}{2\,\mathrm{L}'''}\Big[\psi(\mathrm{S}''') - \mathrm{E}$$

$$-L'''(1+Y''')-\frac{V''^2}{2g}]-\text{ec.}$$

$$U=\frac{gmm_2\theta(_1B+a-b')}{am'm'+a'mm}$$

$$+\frac{gmm_2\theta^2}{2(am'm'+a'mm)}\left[\frac{db'}{dt}-\frac{ga'Hm'm'(_1B+a-b')}{am'm'+a'mm}\right]+\text{ec}$$

$$V_{n+1}=_1V+\frac{g_2\theta'n+1}{_1L}[\psi(_1S)-E-_1L(1+_1Y)-\frac{_1V^2}{2g}]$$

$$-\frac{g_2\theta'^2n+1}{2_1L}\left[\frac{dl'}{dt}(1+_1Y)+\frac{qq_1V}{pp}\left(1+\frac{cE}{(c-c'-_1S)^2}\right)+\right.$$

$$\left.\frac{_1V+\frac{dl'}{dt}+g_1L(HL+2K'_1V)}{_1L}\times(\psi(_1S)-E-_1L(1+_1Y)-\frac{_1V'}{2g})\right]+\text{ec.}$$

$$S_{n+1}=_1S-\frac{qq_1V}{pp}2\theta'n+1-$$

$$\frac{gqq_2\theta'^2n+1}{2pp_1L}[\psi(_1S)-E-_1L(1+_1Y)-\frac{_1V^2}{2g}]-\text{ec.}$$

$$B_{n+1}=_1B+w_2\theta-\frac{gmmm'm'_2\theta^2(_1B+a-b')}{2'm'm(am'm'+a'mm)}+\text{ec.}$$

$$L_{n+1}=_1L+\frac{pp}{qq}(_1S-S_{n+1})$$

$$(\text{IV})\quad o=U'''-\frac{gmm_1\theta n+1}{am'm'+a'mm}(B'''+a-b'+aZ'''+\frac{m'^4U''^2n}{2gm_1{}^4})$$

$$-\frac{gmm_1\theta^2n+1}{2(am'm'+a'mm)}\left[\frac{db}{dt}-\frac{mm}{am'm'+a'mm}(a'gH+2a'gKU'''\right.$$

$$+\frac{m'^4\,U'''}{m_1^4}\Big)\Big(B''' + a - b' + a'\,Z''' + \frac{m'^4\,U'''^2}{2g\,m_1^4}\Big)\Big] + \text{ec.}$$

$${}_1B = B''' + \Big(\frac{m'\,m'\,U'''}{'m'\,m} + w\Big)\,{}_1\theta^{n+1} - \frac{g\,m\,m\,m'\,m'\,{}_1\theta^{n+1}}{2'm'm(am'm' + a'mm)}(B''' + a - b'$$

$$+ a'\,Z''' + \frac{m'^4\,U'''^2}{2g\,m_1^4}) + \text{ec.}$$

$$U = \frac{g\,m\,m_2\,\theta\,({}_1B + a - b')}{a\,m'\,m' + a'\,m\,m}$$

$$+\frac{g\,m\,m_2\,\theta^2}{2\,(a\,m'm' + a'\,m\,m)}\Big[\frac{d\,b}{d\,t} - \frac{g\,a'\,H\,m\,m\,({}_1B + a - b')}{a\,m'\,m' + a'\,m\,m}\Big] + \text{ec.}$$

$$B_{n+1} = {}_1B + w_2\,\theta - \frac{g\,m\,m\,m'\,m'_2\,\theta^2\,({}_1B + a - b')}{2'm'm\,(a\,m'\,m' + a'\,m\,m)} + \text{ec.}$$

E qui sarà

$$Z''' = H\,U''' + K\,U'''^2$$

$$Y''' = H\,V''' + K'\,V'''^2$$

$${}_1Y = H'\,{}_1V + K'\,{}_1V^2$$

avendo H, H', K, K' gli stessi valori precedenti. Sarà $db = o$ nel caso della conserva inesausta, e $\frac{db}{dt} = w$, quando si vuoterà; e nel primo caso si dovrà porre altresì $B_n = B' = B''' = B$, e sopprimere ciascuna equazione relativa a queste quantità. Prima dell' arrivo dell' acqua al punto di scarico è prescritto di fare $\frac{dl}{dt} = V'''$, $\frac{dl'}{dt} = {}_1V$; incominciato l' efflusso, si dee porre $dl = dl' = o$, e nel tempo stesso $L''' = {}_1L = L_n = A$ tralasciando tutte le equazioni rispettive.

57. Nel caso più frequente della conserva inesausta si fa luogo ad esatta integrazione delle equazioni (*a*) dei numeri 53, e 54, la quale non è da ommettersi, perchè ci risparmia due delle ultime serie meno convergenti, e perchè riguarda elementi fondamentali del problema. Sostituitavi l' espressione di z, se ne otterrà coi noti metodi, e dopo tutte le riduzioni

$$ {}_1\theta_{n+1} = \frac{2(am'm' + a'mm)}{mm\sqrt{\left[2g(B+a-b')\left(2a'gK+\frac{m'^4}{m_1{}^4}\right)-a'a'ggHH\right]}} \times $$

$$ \text{arc. tang.} \frac{U'''\sqrt{\left[\frac{2(B+a-b')}{g}\left(2ga'K+\frac{m'^4}{m_1{}^4}\right)-a'a'HH\right]}}{a'HU'''+2(B+a-b')} $$

il qual integrale farà le veci in questo caso della prima delle equazioni (IV''), (''IV).

Dall' equazione (*a*) del num. 54 risulta similmente

$$ {}_2\theta = \frac{am'm' + a'mm}{mm\sqrt{\left[2g(B+a-b')\left(2a'gK+\frac{m'^4}{m_1{}^4}\right)+a'a'ggHH\right]}} \times $$

$$ \text{log.} \frac{2(B+a-b')+U\left[\sqrt{\left[\frac{2(B+a-b')}{g}\left(2a'gK+\frac{m'^4}{m_1{}^4}\right)+a'^2H^2\right]}-a'H\left(2a'gK+\frac{m'^4}{m_1{}^4}\right)\right]}{2(B+a-b')-U\left[\sqrt{\left[\frac{2(B+a-b')}{g}\left(2a'gK+\frac{m'^4}{m_1{}^4}\right)+a'^2H^2\right]}+a'H\left(2a'gK+\frac{m'^4}{m_1{}^4}\right)\right]} $$

58. Restano da esprimersi le quantità di prodotto, e servizio complessivo dei colpi dell' uno, e dell' altro ariete, che sono l' oggetto primario delle formole stesse precedenti. La portata del tubo dell' ariete a giuoco d' aria compressa, e a getto accumulato è la somma dei valori dell' integrale $S\, q^2 v\, dt$ definiti nei due intervalli ultimi. Il consumo d' acqua totale è la somma della portata del tubo, e del valore di $Sm'^2 u\, dt$ preso nella seconda parte dell' intervallo di riposo. Sul qual valore potremo dispensarci dall' sottrarre la piccolissima restituzione d' acqua, che fa il rigurgito alla conserva. Di quali parti si compongano i valori di T_n, e T'_n, è per se manifesto. Avremo dunque a compimento del calcolo di ciascun colpo dei due arieti.

$$ (V'') \quad T_n = \theta_n + \theta'_n + \theta''_n + {}_1\theta_n + {}_2\theta_n $$
$$ T'_n = {}^{\theta}{}_n + \theta'_n + \theta''_n + {}_1\theta_n + {}_2\theta'_n $$

$$F_{n+1} = \frac{e\,q\,q\,m''\,m''\,(\psi(S') - E - A}{A\,m'\,m'\,(\psi(S'') + h - a - E - B'')}\Big[a'' + a\frac{m'\,m'}{m\,m}$$

$$+ e\left(\frac{m'\,m'}{m''\,m''} - \frac{m'\,m'}{p\,p}\right) + \frac{m'\,m'}{p\,p}(h + c' + S'')\Big]$$

$$+ V'''\,q\,q_1\,\theta_{n+1} + \frac{g\,q\,q_1\,\theta^2_{n+1}}{2A}\left[\psi(S'') - E - A(1 + Y''') - \frac{V''^2}{2g}\right]$$

$$+ {}_1V\,q\,q_2\,\theta'_{n+1} + \frac{g\,q\,q_2\,\theta'^2_{n+1}}{2A}\left[\psi({}_1S) - E - A({}_1+{}_1Y) - \frac{{}_1V^2}{2g}\right] + \text{ec.}$$

$$F'_{n+1} = F_{n+1} + \frac{g\,m\,m\,m'\,m'_2\,\theta^2\,(B + a - b')}{2(a\,m'\,m' + a'\,m\,m)} + \text{ec.}$$

(''V)
$$T_n = \theta'_n$$

$$T'_n = \theta_n + \theta'_n + \theta''_n + {}_1\theta_n + {}_2\theta$$

$$F_{n+1} = m'^2\,(U')\,\theta'_{n+1} +$$

$$\frac{g\,m'\,m'\,\theta'^2_{n+1}\left[B' + a - h - a''Z' - A(1 + Y') - \frac{(U')^2}{2g}\left(\frac{m'^4}{k^4} - \frac{m'^4}{p^4} + \frac{m'^4}{m''^4}\right)\right]}{2\left(a'' + a\frac{m'\,m'}{m\,m} + h\frac{m'\,m'}{p\,p} + A\frac{m'\,m'}{m''\,m''}\right)}$$

$$F'_{n+1} = F_{n+1} + \frac{g\,m_2\,m\,m'\,m'_2\,\theta^2\left({}_1B + a - b'\right)}{2(a\,m'\,m' + a'\,m\,m)} + \text{ec.}$$

59. Devesi in oltre tener conto della perdita periodica di tempo, che nel caso d' insufficente afflusso d' acqua esteriore si rende inevitabile. Sia B_m quell' altezza d' acqua nella vasca, sotto la quale è d' uopo sospendere l' azione dell' ariete per ripristinarne l' altezza massima B_o. Nella nostra ipotesi dell' afflusso costante $'m^3\,w$, e della vasca prismatica e verticale, se dicasi δ il tempo di tale ritardo, si ha

$$\delta = \frac{B_o - B_m}{w}$$

perdita di tempo, che si rinoverà ad-ogni numero m di alternative, e che dovrà tenersi presente nel valutare il complessivo prodotto

$F_1 + F_2 + F_3 + \ldots + F_m$ della macchina; a procurare il quale impiegherà essa il tempo $T'_1 + T'_2 + T'_3 + \ldots + T'_m + \delta$

In questo caso di scarsa portata della sorgente, che alimenta l' ariete, si avrà cura nel predisporre la valvola di fermata di montarla al solo grado di mediocre resistenza, cui vincer possa la corrente del condotto, allorquando finisce di scaricarsi la conserva sino a quel determinato livello, che fissa il limite dell' utile suo servizio. Nel quale provvedimento è da considerare, che il goder l' acqua della conserva fino ad un soverchio vuotamento, se prolungherà l' azione della macchina, ne renderà altresì languidi maggior numero di colpi estremi; e se ad un troppo alto segno se ne arresterà lo scarico per riempierla di nuovo, più frequente diverrà il danno delle interruzioni. Ma piuttostochè al calcolo appartiene all' esperienza di ciascun caso particolare la determinazione del giusto limite da preferirsi nella forza della valvola secondo la diversa portata della sorgente, da cui l' acqua deriva.

60. Gli esposti dieci sistemi d' equazioni abbracciano nella massima generalità il problema dell' ariete di Montgolfier sia esso alimentato da conserva permanente, o variabile, operi con intervento d' aria compressa, o senza, e in qualunque stato d' azione si trovi o di iniziale accelerata elevazione dell' acqua, o di getto incominciato crescente, o di scarico ridotto a stabilità. In quest' ultimo caso non si ha che da riguardare costante per rapporto all' indice n ogni quantità, che da esso dipende, e assumere $V_{n+1}, S_{n+1}, \theta_{n+1}, \theta'_{n+1}$, ec. $= V_n, S_n, \theta_n, \theta'_n$, ec.

Ben di rado avverrà sotto l' azione di un sufficente volume d' aria condensata nella campana, che il getto d' elevazione sia intermittente. Tettavia se nel calcolo anticipato di un progetto di costruzione di quest' ariete potrà dubitarsi, che dell' ultimo maggiore intervallo ${}_2\theta$ una parte soltanto ${}_2\theta'$ sia per essere utilmente impiegata con efflusso superiore; si ridurranno tutte le equazioni al caso del giuoco stabilito sopprimendo le variazioni di n; si porrà $V_{n+1} = V_n = o$, condizione essenziale dell' intermittenza; indi si calcolerà il tempo ${}_2\theta'$. Se riuscirà ${}_2\theta' < {}_2\theta$: avrà luogo la supposta intermittenza; e la condizione $V = o$ formerà parte integrante della soluzione. Se si troverà ${}_2\theta' > {}_2\theta$; non vi sarà intermittenza, non sussisterà la condizione $V = o$, e soltanto dovrà porsi nelle equazioni (IV''), e $(V'')\ {}_2\theta' = {}_2\theta$. Così avverrà, come

già dissi, ordinariamente; giacchè nella forma d' ariete, di cui si tratta, suol essere così breve anche il tempo $_2\theta_x$, che la continuità del getto non può mancare se non per troppo scarso volume dell' aria vibrante, o per un' altezza del punto di scarico eccessivamente grande in confronto della caduta dell' acqua della conserva. Onde saremo per lo più dispensati da questo penoso calcolo preliminare, e potremo assumere immediatamente $_2\theta'_{n+1} = {}_2\theta$.

Si avverta in oltre, che di tutti gli elementi del giuoco, e dell' effetto del presente ariete contenuti nei due sistemi di formole generali uno resterà a rilevarsi in ciascun caso con apposito sperimento, o con particolare ipotesi da verificarsi adattandovi le analoghe condizioni di costruzione, e di collocamento della macchina. La durata T' di ciascuna alternativa è forse l' elemento più facile a riconoscersi coll' esperienza, ma non è il più comodo pel calcolo ulteriore. La portata utile, e la quantità della dispersione facilmente anch' esse si ponno misurare; ma la seconda determinata per tal via porta seco tutti i difetti della valvola di fermata indicati al numero 54; e troppo differisce dall' espressione, che nel calcolo fu permesso di assegnarne. La prima, come la più importante di tutte le quantità cercate, si amerebbe riservarla interamente al confronto del calcolo coll' esperienza. Della durata $_2\theta$ della dispersione non è da parlare; che d' ordinario è troppo corta e impossibile a rilevarsi colla precisione che qui si richiede. La velocità finale U generatrice della percossa è l' elemento più immediato, e il più atto a predisporre le formole al pieno confronto dell' esperienza. e può esplorarsi da molti lati con speranza di successo migliore. Ma intorno a questo anticipato sperimento normale, e a questa scelta, e determinazione del modulo universale di ciascuna applicazione del nostro calcolo occorrerà di ragionare più particolarmente in altro luogo.

61. Ogni volta che sarà applicato all' ariete un tubo di lunghezza tale, che riesca l' iniziale velocità d' iniezione $U' = o$ prima che l' acqua salga fino allo sbocco, la colonna ascendente, come già osservammo altrove, diverrà stazionaria tra due punti fissi, e le percosse susseguenti altro effetto non avranno che quello di preservare contro le resistenze secondarie l' oziosa interna oscillazione, che si residuerà nella macchina, o di rinovarla interamente ad ogni colpo, se l' aria n' è esclusa. Nel primo caso, e allorchè sarà invariabile il carico della conserva, tralasciata la resistenza d' attrito, che già si oppone al progresso dell' acqua nel tubo, si troverà questo limite risolvendo le prime due delle equazioni (I'') dopo d' avervi fatto $U' = o$. Dalle quali, posta l' altezza dell' acqua della campana sopra l' imboccatura del tubo

$$c' + S_n = X$$

sostituito il valore di (U), e ommesse le potenze di θ_{n+1} superiori alla prima, deriva l' equazione di quarto grado

$$ge(c-X)^4 - ge(c-X)^3(E+3B+3a+2a''+c+h)$$

$$+(c-X)^2\left[\frac{m''^2U^2}{p^2}(B+a+a'')^2+ge[cE+2(E+B+a+c-h)\times\right.$$

$$\left.(B+a+a''+c+h)+(B+a+a''+c+h)^2]\right]$$

$$-(c-X)\left[\frac{m''^2U^2}{m'^2}(B+a+a'')^2\left(a''+a\frac{m''^2}{m'^2}-\frac{e}{2}+\frac{m''^2}{p^2}(h+c)\right)+\right.$$

$$\left.ge[2cE(B+a+a''+c+h)+(B+a+a''+c+h)(E+B+a+c-h)]\right]$$

$$+gceE(B+a+a''+h+c)^2=o.$$

Col valore di X, che si otterrà da quest' equazione, di cui possiamo incominciare a trascurare i primi due termini, atteso il ristretto valore, che può avere l' incognita X, e il piccolo coefficente e, se ne comporrà l' espressione $X-E+\frac{cE}{c-X}$. Sarà questo il valore prossimo della massima altezza, a cui l' ariete ad aria sospinger possa l' acqua nel tubo; poichè si ha per l' equilibrio tra l' aria della campana, e la colonna dell' acqua ascendente l' equazione.

$$L_{n+1} = X - E + \frac{cE}{c-X}$$

e in tale stato appunto si troverà l' ariete alla fine di ciascun intervallo di percossa, quando sia $U'=o$, tranne la piccola suddetta oscillazione unicamente dovuta alla presenza dell' aria compressa, e allo scuotimento della macchina. E qui vediamo senza bisogno d' altro calcolo, che alla possibilità d' un' elevazione d' acqua oltre ogni limite dovrebbe essere $X=c$, radice non ammessa dalla precedente equazione, se non nel caso di $e=o$, oppure di $U=\infty$, o per qualche altra condizione egualmente impossibile delle altre quantità.

All' equazione precedente di quarto grado può con sicurezza sostituirsi quest' altra

$$\left(a''+\frac{am'^2}{m^2}+\frac{m'^2}{m''^2}(h+c')-\frac{em'^2}{m''^2}\right)(a+B+a'')(a+B-b')$$

$$=\frac{m'^4e}{m_1^4}\times\left(\frac{cE}{c-c'}-B-a+c'+h\right)(a''+a+B+c'+h)$$

e si può ritenere che in questo ariete l' acqua non arriverà ad un' altezza A, date tutte le altre parti, uguale a quella che mediante l' espressione di c' verifica questa nuova equazione,

62. Mancando l' aria nella campana, quand' anche si tralasci di nuovo la resistenza d' attrito, le prime due equazioni ($''$I): e la condizione $U'=o$ non ci danno parimente che un valore finito dell' altezza massima L, cui possa arrivare l' acqua del tubo, giacchè se ne ottiene l' equazione

$$gem'^2(h+L)^2+gem''(B+a+2a')(h+L)^2-[(gem'^2(B+a)^4-a''^2)$$

$$+m''^2U'(B+a+a'')^2](h+L)=(B+a+a'')^2[gem''(B+a)$$

$$+m''^2U^2\left(a''+a\frac{m'^2}{m^2}+h\left(\frac{m'^2}{p^2}-\frac{m''^2}{m''^2}\right)-\frac{e}{2}\left(\frac{2m'^2}{m''^2}-\frac{m'^2m''^2}{p^4}\right)\right]$$

la cui radice reale, e positiva non può essere infinita che per qualcuna delle particolari assurde condizioni precedenti.

63. Il primo passo, che viene ora di seguito, è la separazione del tempo, e del numero dei colpi, che l' ariete impiegherà a portar l' acqua al punto di scarico, quando ciò è possibile, o in generale da una data altezza L_o ad un' altra maggiore qualunque L_n. Le nostre equazioni a differenze finite hanno già la forma conveniente per questa applicazione nell' impossibilità di trattarle con altro artifizio del calcolo sommatorio fuorchè con quello delle sostituzioni dei valori successivi dell' indice n, che ora fa le veci di variabile principale. Venghiamo adunque, come l' ordine richiede a generale più determinata approssimazione degli elementi primarii del giuoco dell' ariete ridotto a stabilità nel caso più frequente di abbondanza d' acqua, e di notabile altezza del punto di scarico del tubo.

Rammentando l' espressione $\psi(S)$, e l' equazione

$$\psi(o)=\frac{cE}{c-c'}+c'=A+E$$

d' onde si ha

$$c - c' = -\tfrac{1}{2}\left[A + E - c - \sqrt{(4cE + (A+E-c)^2)}\right]$$

indicando con $(U)_o$, $(U')_o$ i valori delle velocità (U), (U') corrispondenti ad $S = o$, e trascurando questa piccolissima alterna escursione dell' acqua della campana, come se cessasse affatto lo sgorgo alla fine di ciascuna alternativa, e per ultimo eseguendo di sopra tutte le modificazioni già prescritte nelle circostanze di cui si tratta, avremo i cinque tempi parziali del colpo

$$\vartheta = \frac{e\,m''\,m'}{m'\,m\,(U)_o}$$

$$\vartheta' = \frac{(U')_o\left[a'' + a\frac{m'\,m'}{m\,m} + \frac{m'\,m'}{p\,p}\left(h + c' + c\frac{m''\,m''}{p\,p}\right)\right]}{g\left(\psi\left(\frac{e\,m''\,m''}{p\,p}\right) + \frac{m'^4\,(U')^2_o}{2\,g\,k^4} + a''Z' + h - a - B - E\right)}$$

$$U'' = \sqrt{\left(\frac{2\,e\,m''\,m''\left[a'' + a\frac{m'\,m'}{m\,m} + e\left(\frac{m'\,m'}{m''\,m''} - \frac{m'\,m'}{p\,p}\right) + \frac{m'\,m'}{p\,p}(h + c' + S'')\right]}{g\,m'\,m'\,(\psi(S'') + h - a - B - E)}\right)}$$

$$\vartheta = \frac{2\,(a\,m'\,m' + a'\,m\,m)}{m\,m\sqrt{\left[2\,g\,(B + a - b')\left(2\,a'\,g\,K + \frac{m'^4}{m_1^4}\right) - a'\,a'\,g\,g\,H\,H\right]}} \times$$

$$\text{arc. tang.}\ \frac{U'''\sqrt{\left[\frac{2\,(B + a - b')}{g}\left(2\,a'\,g\,K + \frac{m'^4}{m_1^4}\right) - a'\,a'\,H\,H\right]}}{a'\,H\,U''' + 2\,(B + a - b')}$$

$$\vartheta = \frac{a\,m'\,m' + a'\,m\,m}{m\,m\sqrt{\left[2\,g\,(B + a - b')\left(2\,a'\,g\,K + \frac{m'^4}{m_1^4}\right) + a'\,a'\,g\,g\,H\,H\right]}} \times$$

$$\text{log.}\ \frac{2(B + a - b') + U\left[\sqrt{\left[\frac{2\,(B + a - b')}{g}\left(2\,a'\,g\,K + \frac{m'^4}{m_1^4}\right) + a'\,a'\,H\,H\right]} - a'\,H\right]}{2(B + a - b') - U\left[\sqrt{\left[\frac{2\,(B + a - b')}{g}\left(2\,a'\,g\,K + \frac{m'^4}{m_1^4}\right) + a'\,a'\,H\,H\right]} + a'\,H\right]}$$

e dalla somma di questi la durata intera $T = T'$ del colpo, e dell' alternativa.

La portata di ciascun colpo, e la quantità di ciascuna iniezione, che ora sono le stesse, si riducono entrambe all' equazione

$$F = \frac{m'm'(U')^2_o \left[a'' + a\frac{m'm'}{mm} + \frac{m'm'}{pp}\left(h + c' + \frac{em''m''}{pp}\right)\right]}{g\left[\psi\left(\frac{em''m''}{pp}\right) + \frac{m'^4(U')^2_o}{2gk^4} + h - a - B - E\right]}$$

e l' espressione del consumo d' acqua totale diviene

$$F' = F + \frac{ni'm'(a'mm + am'm')}{mm\left(2a'gK + \frac{m'^4}{m_1^4}\right)} log. \frac{B + a - b'}{B + a - b' - a'HU - \frac{U^2}{2g}\left(2a'gK + \frac{m'^4}{m_1^4}\right)}$$

$$- \frac{ga'Hm'm'_2\theta}{2a'gK + \frac{m'^4}{m_1^4}}$$

Per l' eliminazione delle quantità intermedie residue (U'), S''. U''' la stessa approssimazione delle equazioni superiori ci offre

$$(U')_o = \frac{kk(U)_o \quad gekk\left(A + h - a - B + a''Z + \frac{m'^4(U)^2_o}{2gm''^4}\right)}{m''m'' \qquad m'm'(U)_o\left(a'' + a\frac{m'm'}{mm} + \frac{m'm'}{pp}(h + c')\right)}$$

$$S'' = \frac{em''m''}{pp} + \frac{m'm'(U')_o\left[a'' + a\frac{m'm'}{mm} + \frac{m'm'}{pp}\left(h + c' + \frac{em''m''}{pp}\right)\right]}{gpp\left(\psi\left(\frac{em''m''}{pp}\right) + \frac{m'^4(U)^2_o}{2gk^4} + a''Z' + h - a - B - E\right)}$$

$$U''' = V\left(\frac{2gem''m''\left(\psi(S'') + h - a - B - E\right)}{m'm'\left[a'' + a\frac{m'm'}{mm} + e\left(\frac{m'm'}{m''m''} - \frac{m'm'}{pp}\right) + \frac{m'm'}{pp}(h + c' + S'')\right]}\right)$$

$$-\frac{g\,a''\,e\,\mathrm{H}\,m''\,m''}{m'\,m'\left[a''+a\dfrac{m'\,m'}{m\,m}+e\left(\dfrac{m'\,m'}{m''m''}-\dfrac{m'\,m'}{p\,p}\right)-\dfrac{m'\,m'}{p\,p}(h+c'+\mathrm{S}')\right]}$$

salva la condizione già avvertita di sopra di porre m'^{4} in luogo di k^{4}, qualora sia $k^{4}=\infty$, o anche $>m'^{4}$. I valori di H, K, Z, Z′ assegnati a suo luogo non hanno bisogno d' alcuna preparazione.

64. Più semplici, e più esatte risultano le espressioni delle quantità analoghe dalle equazioni dell' ariete ad acqua posto uelle stesse circostanze precedenti. Sono queste

$$\theta=\frac{e\,m''\,m''}{m'\,m'(\mathrm{U})}$$

$$\theta'=\mathrm{T}=$$

$$\frac{2\left(a''+a\dfrac{m'\,m'}{m\,m}+h\dfrac{m'\,m'}{p\,p}+\mathrm{A}\dfrac{m'\,m'}{m''m''}\right)}{\sqrt{\left[2g(\mathrm{A}+h-a-\mathrm{B})\left(2a''g\mathrm{K}+\dfrac{m'^{4}}{k^{4}}-\dfrac{m'^{4}}{p^{4}}+\dfrac{m'^{4}}{m''^{4}}(1+2\mathrm{A}g\mathrm{K})\right)-g\,g\left(a''\mathrm{H}+\mathrm{A}\,\mathrm{H}'\dfrac{m'\,m'}{m''m''}\right)^{2}\right]}}\times$$

$$\text{arc. tang.}\left[\frac{1}{2g\,(\mathrm{A}+h-a-\mathrm{B})+g(\mathrm{U}')\left(a''\,\mathrm{H}+\mathrm{A}\,\mathrm{H}'\dfrac{m'\,m'}{m''\,m''}\right)}\times\right.$$

$$\left.(\mathrm{U}')\sqrt{\left[2g(\mathrm{A}+h-a-\mathrm{B})\left(2a''g\mathrm{K}+\frac{m'^{4}}{k^{4}}-\frac{m'^{4}}{p^{4}}+\frac{m'^{4}}{m''^{4}}(1+2\mathrm{A}g\mathrm{K})\right)-gg\left(a''\,\mathrm{H}+\mathrm{A}\mathrm{H}'\frac{m'\,m'}{m''m''}\right)^{2}\right]}\right]$$

$$\theta''=\sqrt{\left(\frac{2\,e\,m''m''\left[a''+a\dfrac{m'\,m'}{m\,m}+h\dfrac{m'\,m'}{p\,p}+\mathrm{A}\dfrac{m'\,m'}{m''m''}+e\left(\dfrac{m'\,m'}{m''m''}-\dfrac{m'\,m'}{p\,p}\right)\right]}{g\,m'\,m'\,(\mathrm{A}+h-a-\mathrm{B})}\right)}$$

$$_{1}\theta=\frac{2\,(a\,m'\,m'+a'\,m\,m)}{m\,m\sqrt{\left[2g\,(\mathrm{B}+a-b')\left(2a'g\,\mathrm{K}+\dfrac{m'^{4}}{m_{1}^{4}}\right)-a'\,a'\,g\,g\,\mathrm{H}\,\mathrm{H}\right]}}\times$$

$$\text{arc. tang.}\frac{\mathrm{U}'''\sqrt{\left[\dfrac{2(\mathrm{B}+a-b')}{g}\left(2a'g\,\mathrm{K}+\dfrac{m'}{m_{1}^{4}}\right)-a'\,a'\,\mathrm{H}\,\mathrm{H}\right]}}{a'\,\mathrm{H}\,\mathrm{U}'''+2(\mathrm{B}+a-b')}$$

$$2\theta = \frac{a m' m' + a' m m}{m m \sqrt{\left[2g(B+a-b')\left(2a'gK+\frac{m'^4}{m_1^4}\right)+a'a'ggHH\right]}} \times$$

$$\log. \frac{2(B+a-b')+U\left[\sqrt{\left[\frac{2}{g}(B+a-b')\left(2a'gK+\frac{m'^4}{m_1^4}\right)+a'a'HH\right]}-a'H\right]}{2(B+a-b')-U\left[\sqrt{\left[\frac{2}{g}(B+a-b')\left(2a'gK+\frac{m'^4}{m_1^4}\right)+a'a'HH\right]}+a'H\right]}$$

$$F = \frac{m' m'\left(a''+a\frac{m'm'}{mm}+h\frac{m'm'}{pp}+A\frac{m'm'}{m''m''}\right)}{2a''gK+\frac{m'^4}{k^4}-\frac{m'^4}{p^4}+\frac{m'^4}{m''^4}(1+2AgK')} \times$$

$$\log.\left[1+\frac{(U')\left(a''H+AH'\frac{m'm'}{m''m''}\right)+\frac{(U')^2}{2g}2a''gK+\frac{m'^4}{k^4}-\frac{m'^4}{p^4}+\frac{m'^4}{m''^4}(1+2AgK')}{A+h-a-B}\right]$$

$$-\frac{g b' m' m'\left(a''H+AH'\frac{m'm'}{m''m''}\right)}{2a''gK+\frac{m'^4}{k^4}-\frac{m'^4}{p^4}+\frac{m'^4}{m''^4}(1+2AgK')}$$

purchè, come già fu avvertito, sia $q^2 = m'^4$. L' espressione del consumo d' acqua è la stessa precedente

L' eliminazione in fine delle quantità rimanenti dipende dal calcolo preliminare delle equazioni superiori della resistenza d' attrito e di queste altre

$$U''' = \sqrt{\left(\frac{2ge m'' m''\left[a''+a\frac{m'm'}{m''m''}+h\frac{m'm'}{pp}+A\frac{m'm'}{m''m''}+e\left(\frac{m'm'}{m''m''}-\frac{m'm'}{pp}\right)\right]}{m'm'(A+h-a-B)}\right)}$$

$$-\frac{ge m'' m''\left(a''H+AH'\frac{m'm'}{m''m''}\right)}{m'm'\left[a''+a\frac{m'm'}{mm}+h\frac{m'm'}{pp}+A\frac{m'm'}{m''m''}+e\left(\frac{m'm'}{m''m''}-\frac{m'm'}{pp}\right)\right]}$$

$$(U)=\frac{kk(U)}{m''m''}-\frac{gekk\left[\frac{(U)^2}{2g}\left(\frac{2m'^2}{m''^4}-\frac{m'^4}{p^4}\right)+a''Z+(A-e)(z+Y)+h-a-B\right]}{m'm'(U)\left(a''+a\frac{m'm'}{mm}+h\frac{m'm'}{pp}+\frac{m'm'}{m''m''}(A-e)\right)}$$

$$(U)=\frac{Um''m''(a''+a+B)}{m'm'(a''+a+B+h-e+A)}$$

oppure se $m''^2>m'^2$,

$$(U)=\frac{Um'm'(a''+a+B)}{m'm'(a''+a+B)+m''m''(h-e+A)}$$

salva sempre la condizione di porre $k^2=m''^2$, quando non sia $k^2<m''^2$.

La stima comparativa dell' una, e dell' altra maniera di servizio dell' ariete si istituirà mediante questi lavori nel modo stesso, e sulle equazioni medesime del num. 26. eccettuata la seconda, che ora diviene

$$H=\frac{gF'(a+B)}{T'}$$

65. Da questi ultimi risultati, e dai ragionamenti che li precedono, apparisce assai chiaramente l' ufficio, che tengono ad una ad una sui movimenti interni, e sugli effetti dell' ariete proposto tutte le dimensioni, i mezzi principali d' azione che vi s' impiegano, e le principali resistenze.

La tratta della valvola di salita, da cui già vedemmo dipendere essenzialmente il limite d' elevazione dell' acqua ce ne offre nella formola della portata dell' ariete ad aria la nuova condizione più semplice

$$e=\frac{P^2}{m''^2}(c-c')$$

Cessando la portata medesima pel valore di $e=o$, avremo la lunghezza più opportuna della tratta mediante l' equazione

$$\left(\frac{dF}{de}\right)=o$$

previa la sostituzione in F dei valori di $(U')_o$, ψ, e $k^2=2\pi er$. Sarà la migliore quella combinazione di tutte le parti della macchina, nella quale il valore di e della massima portata renda altresì $k^2=m''^2$.

Così nella costruzione ad aria come in quella ad acqua le portate crescono come i quadrati delle velocità (U); l' espressione della quale ha denominatore assai maggiore nella seconda che nella prima. Questa è quindi più produttiva dell' altra. Ma per la cagione stessa dura più nell' ariete ad aria il rigurgito, come si vede dalle espressioni di $_1\theta$ crescenti prossimamente in ragione della velocità U' ' maggiore in questo che nell' altro.

In entrambi gli arieti la portata cresce senza limite col crescere della lunghezza, e più ancora col crescere della sezione del condotto orizzontale, ma cresce del pari la perdita d' acqua, e nel tempo stesso si prolungano le alternative, più però per gli aumenti della lunghezza che per quelli della sezione del condotto, giacchè per questi si abbreviano le durate parziali θ'', $_1\theta$. Come convenga in ciascun caso accordare queste due dimensioni all' intento simultaneo del massimo effetto, e del tempo minimo delle alternative, mal si può definire colle nostre formole troppo complicate a questo riguardo; le quali però ci avvertono, che l' ampiezza piuttosto che la lunghezza del condotto è atta a migliorare la macchina.

Più si accostano alla sezione del condotto tutte le luci di comunicazione, e di scarico, più copiosa è l' acqua innalzata, e più spedito il colpo; è però maggiore nuovamente la perdita d' acqua.

Manca nell' ultima espressione della portata utile la presenza della sezione del tubo ascendente. Ciò è da ripetersi dai difetti dell' ipotesi del moto lineare, come abbiam detto di sopra nel caso simile del calcolo dei due primi arieti, ma più propriamente dalla condizione assunta del getto evanescente alla fine di ciascuna alternativa, o sia dalla supposizione di $S = o$.

Sembra in fine dal modo di esistere dell' elemento c' in questa prima approssimazione, e di p^a, e dal valor di c' proveniente dall' equazione $\frac{cE}{c-c'} + c = A + E$, che di pari volumi d' aria naturale chiusi a principio nella campana sotto altezze c, e sezioni p^a diverse aumenti più quello la portata, che ha maggiore l' altezza. S' abbrevia altresì per la maggiore altezza il primo intervallo θ, e s' allungano all' opposto i tre θ', θ'', $_1\theta$. Ma questo è piccolo divario sul tempo intero dell' alternativa, di cui l' intervallo maggiore $_2\theta$ è indipendente dall' azione della campana.

Ma nel rintracciare la moltiplice influenza così dell' aria condensata, come d' ogn' altro elemento, e la spiegazione dei fenomeni dell' ariete

vuolsi usare con riserva, e moderazione di formole semplicemente approssimate, e che soprattutto non comprendono gli effetti dell' inerzia, e rigidità delle valvole, e della somma elasticità dei lunghi condotti metallici. Per le quali imperfezioni però, cui la sola ipotesi del moto lineare non basta a togliere di mezzo, non avremo a temere che differenze in meno dei risultati del calcolo paragonato all' esperienza così di quest' ultimo, come dei primi due arieti; nè potrà quindi dubitare della possibilità delle nostre promesse l' artista, che non trascurerà l' occasione, che qui gli si offre moltiplice, di far prova novella della propria industria, e di giovare alla pratica.

I V.

Verificazione sperimentale della teorica, e delle formole precedenti.

66. I chiarissimi PP. Pini, e Racagni primi furono tra noi a sperimentare l' ariete di Montgolfier, e a descriverne compiutamente la struttura, e gli effetti, siccome furono i primi a mostrare le fonti della genuina spiegazione del nuovo fenomeno idraulico, Il dotto loro piano pubblicato nel tomo X. delle Memorie della Società Italiana delle Scienze trasse in quest' arena novella molti altri illustri fisici, e geometri d' Italia, le ricerche, e le scoperte dei quali intorno al problema stesso, e altri molti gravissimi, che strettamente a questo vanno congiunti, apparterranno essenzialmente coll' analisi dei professori di Milano alla storia dei progressi dell' idrodinamica nel paese, in cui nacque. Dopo di avere profittato, come seppi meglio, nei tre numeri precedenti dei lumi, e delle speculazioni generali di questi Maestri mirando al perfezionamento del calcolo della macchina primitiva, e nel tempo stesso alle più vantaggiose combinazioni del principio, e dei mezzi, sui quali è fondata, dirò ora del confronto, che intrapresi delle mie formole, e osservazioni generali colle sperienze della macchina stessa eseguite in Milano, e in Padova dai professori Brunacci, e Dal-Negro. Nel quale al pari d' ogni altro delicato assunto mi furono cortesi di quante notizie, e riscontri mi mancavano delle macchine sperimentate, lo stesso signor Dal-Negro, e i signori professori Carlini, e Configliacchi, interpreti dell' amorevolezza, onde il defunto loro collega, e mio antico maestro cavaliere Brunacci sarebbesi compiaciuto anche in questo incontro, che io osassi ritentare un difficil guado, in cui fè prova egli stesso di suo valore.

67. Non ostante i molti ingegnosi miglioramenti operati in queste

sperienze, massime nell' armatura dell' animella di fermata, confessarono gli autori stessi, che ancora non è possibile rilevare direttamente colla necessaria precisione la velocità finale della corrente motrice del condotto orizzontale in pieno, e libero esercizio dell' ariete nè dalla durata, nè dalla quantità della dispersione della corrente medesima, come richiederebbesi per una verificazione intera dei risultamenti della teoria.

Alla mancanza di questo dato essenziale altro non men grave inconveniente per me s' aggiungeva a cagione della presenza nel calcolo della tratta della valvola di salita, che dovetti supporre obbedire unicamente all' azione dell' acqua urtante del condotto, e alla presenza dell' acqua, e dell' aria condensata della campana, o sia del tubo ascendente; mentre nelle sperienze proposte era circondata da secondarie resistenze, che tanto dovettero modificarne la corsa da non potersi di questa ritenere nell' applicazione del calcolo la lunghezza di primitiva costruzione. Eccessiva era questa lunghezza negli arieti sperimentati, perchè la valvola sotto la percossa sempre eccentrica dell' acqua del condotto potesse tutta percorrerla senza piegamento del proprio gambo contro le sue guide. Notabile, e da non potersi trascurare neppur essa era la differenza di peso specifico delle valvole sopra quello dell' acqua. Nell' ariete di Pavia l' armatura della valvola era piantata nel condotto, e in quello di Padova le staffe di guida, e ritegno finale della corsa sormontavano il piano della valvola tagliando l' acqua della campana. La quale disposizione cagionava nel primo ariete un restringimento di comunicazioni, e in entrambi unitamente alla presenza del tubo sovrastante d' elevazione rendeva inevitabile un assai dannoso contraccolpo, e quindi una perdita di moto nella valvola, e raccorciamento della sua corsa. Il signor Dal Negro mi ha confermato in queste riflessioni significandomi, che nel minore de' suoi due arieti munito di campana di cristallo la valvola di salita, benchè avesse sei millimetri di tratta, alzavasi però visibilmente di poco più di un millimetro.

Ben è vero però che queste resistenze, mentre scemavano necessariamente l' apertura d' iniezione dell' acqua del condotto nella campana, erano al tempo stesso occasione d' aumento d' ampiezza, e d' energia nelle vibrazioni del condotto medesimo, e procuravano perciò esse stesse alcun compensamento alla portata utile accrescendo la velocità, e la durata dell' iniezione, mentre ne restringevano la luce di primo sbalzo della valvola. Ma tale compensamento non può risultare spontaneamente nel calcolo, nel quale prescindendosi e dalle narrate resistenze, e insieme dall' elasticità di tutte le parti della macchina, manca interamente la dipendenza dell' ampiezza della corsa, e dell' aprimento

della valvola dalla forza di percossa dell' acqua, e dalla conseguente vibrazione massime del condotto orizzontale secondo le varie dimensioni, e la varia sua composizione.

68. In mezzo a sì grave discordanza tra l' effettiva costruzione, e disposizione interna dei due arieti, e le ipotesi del calcolo, discordanza per mio avviso inevitabile almeno in gran parte in qualunque altra forma così di combinazione della macchina, come di soluzione del problema, altro partito non restavami per metter pure da qualche lato le nuove formole a sufficente contatto con sì accurate, e giustamente pregiate sperienze fuorchè di scegliere fra esse quelle, nelle quali certa fosse, o con bastante approssimazione determinabile la velocità vera finale dell' acqua urtante, e di rintracciare una tratta, che chiamerò equivalente, per ciascuna delle valvole di salita sperimentate da sostituirsi a quella di costruzione, per la quale i risultati del calcolo abbastanza si avvicinassero a quelli della pratica. Il che verificandosi in molte combinazioni essenzialmente diverse delle parti più operative delle due macchine, si avrebbe piena conferma, se non del nuovo calcolo, almeno delle riflessioni, colle quali siam venuti premunendolo, e prezioso ammaestramento sul vero modo di condurlo in ogni caso all' intento dell' approssimazione.

Ad escludere, come doveva essere mia prima cura, il più gran numero d' inutili tentativi, e a circoscrivere le difficoltà, e le incertezze della determinazione della tratta equivalente della valvola di comunicazione non poco giovommi il considerare; che l' acqua urtante incontrando resistenza maggiore per parte della valvola, che sospinge, che dell' acqua circostante della campana, si fa strada in questa in copia vieppiù grande, quanto più grande vi si apre l' ingresso d' intorno alla valvola stessa, pel rapporto sempre minore della resistenza dell' acqua della campana contro l' acqua influente alla somma delle resistenze della valvola contro l' acqua urtante. Ora quando la valvola tanto si è alzata, che l' apertura d' iniezione uguagli la luce stabile di prima comunicazione del condotto, potrà per quella tutta scaricarsi nella campana l' acqua urtante, e la valvola altro sforzo allora non ne risentirà fuorchè quello, col quale l' acqua seguita a vincere le resistenze ordinarie della campana. Se adunque le resistenze particolari della valvola di salita degli arieti, che consideriamo, permisero che fino a questo segno si aprisse sotto l' azione dell' acqua del condotto, ben piccolo ne debb' essere stato, e affatto trascurabile l' alzamento ulteriore, giacchè vi si opponevano per lo meno le stesse resistenze, e l' acqua motrice più non impiegava altra forza prossimamente contro la valvola fuorchè quella, colla quale vinceva l' acqua circostante della campana, cessato

l' ostacolo del restringimento della seconda luce di suo scarico. Alla quale azione residua esercitata contro la valvola è ben chiaro in oltre, che insieme le particolari resistenze predette equivalevano abbondantemente, e qui finiva perciò la corsa diretta della valvola, se, come dissi, fino a questo segno d' uguaglianza di luci di prima e seconda comunicazione colla campana poteva essa prolungarsi.

Sebbene pertanto la valvola di salita dell' ariete di Pavia avesse tratta di costruzione di ben 52 millimetri per una delle aperture del condotto, e di 50. per le altre due, e avesse giuoco sotto un volume d' aria assai considerevole; non era d' uopo ricercare la tratta media, o equivalente da sostituirsi nel calcolo al di sopra di quel limite, in cui l' apertura rispettiva k^a d' iniezione uguaglia l' apertura m''' di prima comunicazione. Molto meno era da credersi superiore a questo limite la corsa analoga nell' ariete di Padova munito di campana assai più ristretta.

69. Il cavaliere Brunacci, che scriveva un trattato Fisico-Geometrico dell' ariete, quando ne intraprese le sperienze, rivolse le principali sue cure a togliere le incertezze dipendenti dalla valvola di fermata, e ad assicurare la misura più esatta possibile della velocità finale dell' acqua motrice. Nel capo III. della terza parte di questo trattato sono descritti quattordici sperimenti, nei quali l' autore ha concentrati i suoi sforzi, e la sua attenzione sulla misura unicamente di questo elemento fondamentale. Egli teneva chiusa la canna d' elevazione durante tutti gli intervalli, che abbiamo chiamati di percossa, d' iniezione, e di respiro; e sol quando tutto era tornato in quiete nell' interno della macchina, apriva la canna, e lasciavane sgorgare tutta l' acqua, cui la campana poteva rendere. Terminato tale scarico, chiudeva di nuovo l' apertura superiore, riapriva quella di dispersione regolandone a mano la valvola, e dava principio al colpo susseguente, allorchè il getto di dispersione toccava il segno della prescritta velocità, che era quella del moto della corrente ridotto a stato permanente.

Fatta prova in undici diversi modi dell' interno giuoco dell' ariete, incominciò l' autore a lasciarne libero lo scarico del tubo ascendente, e abbandonò altresì all' impulso della corrente orizzontale il chiudimento dell' animella di fermata regolandone ancora a mano soltanto il riaprimento, e trattenendola durante il rigurgito dell' acqua del condotto, onde impedire l' ingresso dell' aria esterna nel condotto medesimo, e rendere insieme più pronto e pieno il nuovo getto consecutivo di dispersione, che saliva come prima all' ampiezza dello stato permanente all' atto di vincere, e precipitare la valvola. Veggasi nell' opera citata il compiuto ragguaglio di questa avveduta decomposizione del giuoco

dell' ariete, la quale forma a mio avviso una delle più belle prove, che l' autore abbia date di sua abilità nelle ricerche fisiche non minore di quella, che tanto lo distinse nelle speculative.

Altrettanto ingegnoso è l' artifizio col quale tentò di sottoporre a misura la velocità della correute del condotto orizzontale. La valvola di fermata, di cui faceva uso, era a porticciuola, e congegnata in guisa, che si serrava non già per impulso immediato della corrente, ma per mezzo di annessa leva esteriore munita di ventola, che riceveva il getto libero del condotto, e mentre ne comunicava l' urto alla valvola, serviva d' indice ancora della sua ampiezza.

Sottopose altresì la valvola stessa ad una specie di regolatore elastico; il quale montato a vari gradi di tensione variava rispettivamente la resistenza della valvola ora sola, ora munita della predetta ventola a chiudersi, e dava luogo a vari gradi corrispondenti di accelerazione della corrente prima del suo arresto.

70. Anche il signor professore Dal-Negro aveva incominciato a procedere con siffatto metodo in quelle preliminari sperienze descritte nella prima parte delle sue Considerazioni sull' Ariete idraulico, colle quali ha dimostrato vittoriosamente l' analogia annunziata dai padri Pini, e Racagni tra la macchina di Montgolfier, e l' apparato, onde Daniele Bernoulli esplorava la pressione laterale dell' acqua corrente. Ma nelle sperienze ulteriori di due arieti di assai robusta, e perfetta costruzione e con intervento d' aria compressa, e con acqua sola piuttosto che alla comodità, e alle ipotesi del calcolo, piacquegli di servire alla pratica disposizione più produttiva della macchina, e alla stima semplice del complessivo suo effetto. Al quale oggetto rilevantissimo l' autore ha ben degnamente corrisposto sia per la copia e varietà delle sperienze, sia per molte ingegnose modificazioni massime del meccanismo di fermata, che gli appartengono.

Mediante l' artifizio di sopra accennato della considerazione di una tratta equivalente della valvola di salita, e prendendo dai risultati di alcune sperienze la velocità della corrente motrice per ciascuna lunghezza di condotto orizzontale, e impiegandola nel calcolo di alcune altre fatte con pari lunghezza di condotto, e resistenza di valvola di fermata potei ottenere anche dagli arieti di Padova un saggio di riprova della mia approssimazione. Così in questa però, come nell' antecedente numerica applicazione e confronto del calcolo mi sono limitato alla sola formola della portata del tubo di salita, la quale è fra tutte la più importante senza essere meno d' ogni altra soggetta ai pericoli delle imperfezioni della teoria. Premetto perciò fra le dimensioni, e quantità costanti di ciascun ariete, e di ciascuna sperienza quelle sole, che al

calcolo di quella formola sono necessarie. Le poche altre, che rimangono ponno vedersi nelle opere citate dei due autori.

71. Elementi costanti dell' ariete, e delle sperienze del cavaliere Brunacci in misure metriche,

$R = 0,05$; $c = 0,8873859$; $a = 0$; $b' = 0$; $h = 0,055$; $B = 1\frac{1}{2},172$; $m'^2 = 0,007854$; $m_1^{\alpha} = 0,00672$; $p^2 = 0,06605198$.

Sperienze, e calcolo di questa macchina secondo le disposizioni del capo III. parte III. del Trattato di Brunacci.

Sperienze Numeri dell' autore	a'' metri	A metri	m'' m'' metri quad.	Ipotesi e metri	Ipotesi U metri per secondo	Calcolo F metri cubi	Risultati delle sperienze a getto accumulato F met. cubi	Risultati delle sperienze a tubo libero F met. cub.	Dall' equazione (a) del numero 54 U metri per secondo	Dall' ampiezza osservata del getto U metri per secondo
I.	7,82								2,8023	2,851
II.	11,50								2,5011488	2,761
III.	15,105								2,2808	2,314
IV.	11,50	4,623	0,003823	0,016	2,65	0,003105	0,00313	0,0033	2,5011488	2,761
V.	id.	7,805	id.	0,017442	id.	0,00199	0,00205	0,00224	id.	id.
VI.	id.	10,901	id.	0,0185	id.	0,001319	0,00135	0,0014	id.	id.
VII.	id.	7,805	0,005367	0,014	id.	0,001846	0,00187		id.	id.
VIII.	id.	10,901	id.	0,015	id.	0,001426	0,00143		id.	id.
IX.	15,105	4,623	0,003823	0,016	2,4	0,003439	0,0035	0,0037	2,2808	2,314
X.	id.	7,805	id.	0,017442	id.	0,002118	0,00213	0,00239	id.	id.
XI.	id.	10,901	id.	0,0185	id.	0,001409	0,00144	0,00144	id.	id.

Sperienze e calcolo secondo la tavola III. del luogo citato dell' autore stesso.

$a'' = 11{,}50$; $m''^{2} = 0{,}003823$

	Speri-menti	A	Ipotesi e	Ipotesi U	Calcolo F	Sperienza F
		metri	metri	metri	metri cub.	metri cub.
Con molla	21	13,375	0,018	1,785	0,000388	0,0004106
	22	10,901	0,0175	*id.*	0,000523	0,0005866
	23	7,805	0,0164	*id.*	0,0008213	0,0008219
	24	4,623	0,0145	*id.*	0,001118	0,0012438
con la sola ventola	25	10,901	0,0175	1,78	0,0005193	0,0005308
	26	7,805	0,0174	*id.*	0,0008146	0,0008166
	27	4,623	0,0145	*id.*	0,001167	0,0011767
id.	28	10,901	0,0175	1,9	0,000615	0,0006936
	29	7,805	0,0174	*id.*	0,0009438	0,0009448
	30	4,623	0,0145	*id.*	0,0013967	0,001404
Con molla	31	13,375	0,018	2,095	0,000572	0,0005627
	32	7,805	0,0174	*id.*	0,0011675	0,0011687
	33	4,623	0,0145	*id.*	0,0016192	0,0016226
id.	34	13,375	0,018	2,29	0,0007135	0,0008166
	35	7,805	0,0174	*id.*	0,00141	0,0014119
	36	4,623	0,0145	*id.*	0,0019265	0,0020153
con la ventola sola	37	7,805	0,0174	1,565	0,0006069	0,0006119
	38	10,901	0,0175	*id*	0,000376	0,0003548

72. Elementi costanti degli arieti, e delle sperienze del professore Dal-Negro in misure metriche.

Ariete maggiore. R = 0,04; c = 0,0996809; h = 0,059; B = 1; a = 0; $m'^2 = m''^2$ = 0,00502625; $m_1{}^2$ = 0,002889; p^2 = 0,04154756.

Ariete minore. R = 0,013; c = 0,065; a = 0; h = 0,031; b' = 0,015; B = 0,65; m'^2 = 0,0005309; m''^2 = 0,00005; $m_1{}^2$ = 0,0002; p^2 = 0,00039584.

Saggio di calcolo, e sperienze dell' ariete minore secondo le tavole XIV, e XV. dell' opera citata dell' Autore

Ipotesi $k^2 = m''^2$, e = 0,001994

Tavola XIV *Sperienze*	a''	A	*Velocità equival.* U	*Con aria condensata* *Calcolo* F	*Sperienza* F	*Con acqua sola* *Calcolo* F	*Sperienza* F
6	4,8704	3,043	2,4	0,00000503	0,0000057	0,0000841	0,00000858
7	*id.*	3,368	*id.*	0,0000042	0,00000434	0,00000686	0,00000602
Tavola XV Sperienze							
6	5,9146	3,043	2,38	0,00000597	0,00000627	0,00000836	0,00007607
7	*id.*	3,368	*id.*	0,0000498	0,00000506	0,00000765	0,00000772

Ariete maggiore con aria condensata.

Ipotesi e = 0,004; k^2 = 0,0010053

Tavola XXVIII. Sperienze	a''	A	*Velocità equival.* U	*Calcolo* F	*Sperienza* F
5	6,0146	3,16	1,84	0,00016215	0,00027367
6	*id.*	4,16	*id.*	0,00010714	0,00012347
7	8,9369	2,16	2,44	0,0006629	0,0005839
8	*id.*	3,16	*id.*	0,0004056	0,0004166
9	*id.*	4,16	*id.*	0,000293	0,00031358

73. Il Brunacci eseguì, come dissi, le riferite quattordici sperienze a getto d' elevazione accumulato, o sia col tubo ascendente chiuso per tutto il tempo di ciascun colpo. Ciò è conforme alla semplificazione praticata nel calcolo ai numeri 48, e 50. Le sperienze medesime furono da lui ripetute a tubo d' elevazione aperto e libero. I risultati di queste registrati nella nona colonna della prima delle presenti tavole di confronto collimano assai d' appresso coi risultati delle prime sperienze, e confermano quanto intorno alla suddetta semplificazione io aveva avvertito al num. 15.

Tutte le quattordici sperienze sono a corrente motrice ridotta a stato permanente. L' autore ne misurava la velocità finale osservando l' ampiezza del getto del condotto. Io ho calcolato la velocità stessa coi dati dei primi tre sperimenti mediante l' equazione del num. 54, e ne ho contrapposti i valori agli osservati. Le differenze, che vi si scorgono, non sono molto grandi. Sono esse dovute senza dubbio alle imperfezioni del calcolo, e forse in parte all' errore della formola della resistenza d' attrito dell' acqua. Non è però da dissimularsi l' estrema difficoltà di una misura abbastanza precisa dell' ampiezza del getto di dispersione, nel che un piccolo divario poteva sensibilmente alterare la misura della velocità. Nei casi analoghi delle altre undici sperienze ho assunto un valore intermedio di questo primario elemento.

La tratta equivalente dell' animella di salita fra tutti gli altri elementi di quest' ariete la più abbandonata al soccorso dell' ipotesi, è ben manifesto, che maggiore doveva prendersi per una minore ampiezza della valvola stessa. Per una stessa valvola poi ho creduto, che la tratta equivalente dovesse crescere, e la luce d' iniezione vieppiù accostarsi a quella di prima salita col crescere del carico interno della campana, o sia del tubo d' elevazione per la ragione, che insieme diminuisce il rapporto delle resistenze accessorie della valvola alla resistenza principale dell' acqua, e dell' aria interna. Anche questa congettura sembra pienamente confermata nelle due prime tavole. Nel calcolo della luce kk ho creduto di poter prescindere dalla figura conica della valvola, e riguardandola come cilindrica, e a combaciamento piano colla corona della luce m''^2 del condotto ho preso $j = o$; il che non poteva essere cagione di notabile divario.

Nei due arieti di Padova l' apertura unica m'^2 di prima salita impiegata in tutte le sperienze, e la non grande differenza tra le lunghezze del tubo ascendente mm hanno dato luogo a tentare una tratta sola equivalente della valvola.

Confrontando i risultati così del calcolo, come dell' esperienza ottenuti nel caso di presenza d' aria coi risultati analoghi del caso di

mancanza di questo elemento si vede nel piccol saggio, che ho preso dal minore dei due arieti, che tanto il calcolo, quanto l' esperienza stanno a favore dell' ariete privo d' aria. Ma a questo riguardo conviene avvertire, che le troppo ristrette elevazioni sperimentate poterono non lasciare abbastanza influire il di più di resistenze del caso di mancanza d' acqua notate altrove tutto conservando al tempo stesso il vantaggio della maggiore energia di questo caso delle vibrazioni del condotto. Il calcolo poi non essendosi potuto estendere sino alla valutazione di queste quanto reali, altrettanto ancora recondite circostanze, doveva anch' esso favorire le portate dell' ariete privo d' aria.

74. Trovavami ridotto a questo solo confronto delle mie formole coi risultati della pratica, quando avvenne l' interruzion della stampa degli Opuscoli Scentifici di Bologna, pei quali era io in debito di riservare quest' ultima parte della psesente memoria, essendone in essi state inserite le tre altre. Ciò mi diede tempo di prendere cognizione delle sperienze dell' ariete idraulico fatte in Berlino dal consigliere Eytelwein fino dal 1805, le sole, nelle quali mi rimanesse speranza di una verificazione del calcolo meno ipotetica della precedente. Sono tenuto alla singolare gentilezza dello stesso signor Dal-Negro di un esemplare dell' opera dell' autore prussiano = Osservazioni sopra l' effetto, e l' uso più vantaggioso dell' Ariete idraulico con una serie d' esperimenti = della quale presto m' ingegnai di procurarmi una traduzione in quanto all' essenziale dell' argomento abbastanza fedele, ed esatta.

Oltre la magnificenza, e perfetta esecuzione di tutte le parti dell' apparato di queste sperienze degna del R. Consiglio delle Fabbriche, e della R. Accademia, cui meritamente appartiene l' autore, oltre il ricco prospetto di ventiquattro tavole contenenti più di mille sperimenti di due arieti diversi, fummi di massimo gradimento il vedere, che l' autore, come tutte sottopose a scrupolosa prova le parti variabili della macchina, così espressa attenzione adoperò sull' articolo importante della tratta della valvola di salita. Il che io ignorava, quando pubblicai la prima parte di questa memoria.

Tra le molte sensate, e ben dedotte conclusioni di Eytelwein sull' influenza delle varie dimensioni, e combinazioni sperimentate, vi ha questa intorno all' adattamento della valvola di salita, che s' accorda molto bene con ciò, che io ne dissi a suo luogo, „ La valvola di sa-
„ lita può essere a porticciuola, ovvero a piatto... Le valvole a piatto
„ hanno lo svantaggio, che quando la tratta vien presa troppo grande,
„ o troppo piccola, si diminuisce l' effetto della macchina, quando però
„ queste valvole abbiano una tratta nè troppo grande, nè troppo pic-
„ cola, aumentano la proporzione d' effetto in confronto delle valvole

„ a sportello... Dunque nell' ordinare la valvola di salita a piatto biso-
„ gna in ogni caso cercare la più vantaggiosa. Quella a porticciuola bi-
„ sogna badare, che abbia eccesso di peso sopra l' acqua, onde sia
„ pronta a chiudersi, e che nell' aprirsi lasci passaggio all' acqua di
„ un' ampiezza alquanto maggiore della sezione del condotto orizzonta-
le . „ Opera suddetta parag. 29.

Per l' arresto dell' acqua del condotto Eytelwein fece uso parimente di valvole a cappello, e a porticciuola non variandone però la resistenza al chiudimento che mediante il vario peso loro, e conservandone il giuoco di sotto in su alla maniera di Montgolfier con miglioramento però di forma, e capacità della camera addizionale di collocamento delle valvole. Egli ebbe il coraggio d' intraprendere la misura sperimentale del rapidissimo sbalzo del chiudersi, e riaprirsi di questo pezzo principale nel pieno esercizio della macchina. È sebbene la specie di compasso idrodinamico da lui ideato per tale oggetto non sia forse per riuscire di quella precisione, e sicurezza, che il calcolo richiederebbe per profittarne, deve però annoverarsi tra le più eleganti, ingegnose, e ardite produzioni dell' arte di sperimentare,

75. Quantunque il troppo scarso numero di queste sperienze del moto della valvola di fermata, e l' artifizio stesso, col quale l' autore le aveva eseguite, non mi dassero soccorso nel maggior bisogno della nuova applicazione del calcolo, quello di accertare la finale velocità della corrente motrice dell' ariete; non mi perdetti d' animo tuttavia, e non disperai di ritrovare in così ricco sistema di sperienze alcuna via di migliore verificazione almeno della formola della portata d' elevazione dell' acqua. Ecco il partito, e la scelta, a cui mi sono appigliato. Considerai, che delle valvole di salita impiegate in queste sperienze quella a porticciuola aveva più d' ogn' altra le condizioni di fedele, e libero servizio volute dal calcolo, giacchè erale assegnato aprimento uguale alla luce, che chiudeva, del condotto, e siccome riceveva in oltre l' urto orizzontalmente, era meno soggetta dell' altra all' impedimento delle resistenze non calcolate. Onde poteva questa assumersi nelle veci della valvola verticale a cappello supposta nel calcolo riguardandola come un piatto cilindrico di libera corsa propria della data luce di aprimento $k^2 = m'^2$.

Della velocità finale della corrente del condotto orizzontale Eytelwein somministrò due circostanze di più per indovinarla assai prossimamente. In ciascuna sperienza era notata la tratta della valvola di fermata, e il suo peso, unica resistenza, che l' acqua dovea vincere per sollevarla. Quando la corrente, io dissi, è giunta a tal segno di accelerazione, che vinca il peso della valvola, e cominci a sollevarla, di

quanto crescerà ancora la velocità sua nel brevissimo tragitto della valvola? Certamente più, o meno, secondochè più o men grande sarà la tratta di questa, o sia la distanza, che separa la valvola dalla luce sovrastante di sbocco dell' acqua. Ma potrà essere così corta la tratta della valvola, che il moto di essa, e quello dell' acqua, che tende a guadagnare la luce superiore di dispersione fuggendo d' intorno alla valvola stessa, si contrastino insieme in causa della risvolta, e della contrazione rapidamente crescente, fino a rendersi insensibile l' ulteriore accelerazione della corrente motrice. In questo caso la velocità richiesta della corrente per ismovere la valvola di fermata sarà la cercata del colpo dell' ariete. Un altro caso similmente favorevole poteva aver luogo in questa disposizione di Eytelwein, ed era quello di un peso della valvola di fermata così vistoso, che a vincerlo tutta si richiedesse la forza della corrente ridotta almeno prossimamente al limite di sua accelerazione.

Incominciai pertanto a scegliere fra le sperienze del maggiore ariete del nostro autore fatte con presenza d' aria compressa, con valvola di salita a sportello, e con valvole di fermata a piatto, o sbalzo verticale quelle, che da lui stesso furono dichiarate del migliore, e più sicuro effetto. Indi fra quelle stesse cercai la combinazione di peso, e tratta dalla valvola di fermata, che convenisse al primo dei due casi ora indicati. Trovai dopo alcuni saggi, che molto bene corrispondeva a questo primo intento la valvola di fermata segnata dall' autore col num. I, allorchè era montata col peso di kilogrammi 0,2699139375, e colla tratta di metri 0,01853538. Ho tradotto in questo sistema per maggiore uniformità, e più comune intelligenza della memoria il piede del Reno = met. 0,3140114, è la frazione *loth* del peso di Berlino = kilog. 0,014639⁴, di cui l' autore ha fatto uso.

Chiamando m^2 la base, q^3 il volume di questa valvola, $\triangle$ la densità del metallo di sua composizione, quella dell' acqua essendo = 1, la velocità finale cercata per tutte le sperienze del presente caso era data dall' equazione $\frac{U^2}{2g} = \frac{\triangle q^3}{m^2}$.

Per le sperienze, nelle quali fosse stato impiegato un peso della valvola stessa bastante a resistere alla corrente motrice vicina allo stato di moto permanente, l' equazione del numero 54. avrebbe dato prossimamente

$$U = \frac{g}{1 + 2a'' g K}\left[a' H - \sqrt{\left(a'^2 H^2 + \frac{2(B - b')(1 + 2a'' g K)}{g}\right)}\right.$$

Confrontai questa formola colla precedente, e il valore risultante del peso $g\triangle q'$ coi maggiori pesi sperimentati della valvola. Ma nemmeno il più grande fra questi potè adempiere la nuova condizione. Onde mi dovetti restringere alle sperienze della classe precedente, delle quali passo a riunire i risultati cogli analoghi dati del calcolo.

76. Elementi costanti del calcolo della portata d' elevazione dell' arietè maggiore di Eytelwein secondo le indicate esperienze.

$R = 0{,}0283482$; $c = 0{,}2015503$; $j = o$; $m' = 0{,}00252464$; $m''' = 0{,}00252$; $k^2 = m'^2$; $m^2 = m''^2$; $p' = 0{,}04356132$; $q' = 0{,}00053777$; ipotesi $U = 0{,}91817592$3 metri per secondo. Pongo un poco minore la luce m'''^2 per non ommettere tutto intero l' impedimento dell' armatura della valvola di salita. Benchè poi sia $m_1^2 > m'^2$ per la valvola I; pel nostro calcolo dee porsi anche in questo caso $m_1^2 = m'^2$.

Saggio di confronto nell' ariete maggiore di Eytelwein.
Valvola di fermata N. I.

del peso = kilog. 0,2699139375, e tratta = met. 0,01853538

Tavole e sperienze dell' Autore		B *metri*	*a'' metri*	A *metri*	F *Calcolo metri cubi*	F *Sperienza metri cubi*
I.	3	3,1106754	13,3454845	8,0890643	0,0004842	0,000412598
id.	5	2,8032059	*id.*	*id.*	0,000306568	0,00038998
id.	8	1,4817411	*id.*	*id.*	0,00035888	0,000184299
id.	12	0,7228803	*id.*	*id.*	0,00031024	0,00013259
II.	19	3,16955255	6,82974795	*id.*	0,000220074	0,000253789
id.	24	2,58732305	*id.*	*id.*	0,000189441	0,000182411
id.	29	1,61257935	*id.*	*id.*	0,000152491	0,00007687 4
III.	45	1,9920097	3,611131	*id.*	0,0000599247	0,0000381383
IV.	58	3,1335721	13,3454845	9,92733945	0,000343817	0,000281965 5
id.	69	2,48265265	*id.*	*id.*	0,000309732	0,00021792
id.	77	1,4326769	*id.*	*id.*	0,000262694	0,000104148
VII.	229	3,51627325	9,8913591	*id.*	0,000255432	0,000231142
id.	234	2,65274205	*id.*	*id.*	0,000217903	0,000116955
VIII.	255	3,163010 65	6,82974795	*id.*	0,000209665	0,000146249

Anche qui abbiamo una coincidenza delle portate di ciascun colpo della macchina fin oltre alla quarta cifra decimale, il che parmi sia tutto ciò, che si possa desiderare per convincerne, che il nuovo calcolo opportunamente applicato serba in ogni caso i limiti della bramata approssimazione. Questa però va scemando col crescere dell' altezza, come l' autore la chiama, del punto di scarico, o sia della

differenza A — B delle altezze del tubo ascendente, e della conserva. Di che la ragione sta probabilmente nel cessare al di là di un certo limite di A — B quell' opportuno rapporto difficile a calcolarsi del carico della campana colla resistenza del lungo condotto metallico, che è indispensabile, purchè moderata sia la perdita della percossa della corrente nella distensione del condotto, e quella porzione, che pure in ciò viene distratta, sia in tempo restituita dall' elasticità del condotto a soccorso, e sostegno dell' iniezione nella campana. La quale congettura sembra confermata dalle sperienze medesime, che consideriamo; perciocchè al di là del limite, al quale ci siamo fermati, dell' altezza $A - B$ si vede d' ordinario nelle tavole dell' Autore debole, e perplesso, e ben anche senza niun effetto il servizio della macchina.

77. Sebbene questi tre saggi di applicazione particolare all' ariete di Montgolfier presentassero una legittima prova dell' esposta teoria della percossa idraulica, in qualunque modo venga questa operata; restavami tuttavia debito d' illuminare la pratica circa il modo di esecuzione dei nuovi arieti proposti a imitazione, e supplemento così dell' ariete di Montgolfier, come delle ordinarie trombe idrauliche, e di verificare col fatto l' enunciata identità di principio, e d' effetto in tutte queste macchine. Mercè la protezione dell' Eminentissimo Cardinale Spina già Legato di questa città, e provincia, e le cure del Pontificio Istituto potei consultare l' esperienza anche sopra questo punto, che principalmente costituisce la pratica utilità del presente mio lavoro.

Feci primieramente costruire all' ingrosso un modello operativo dell' ariete a percossa esterna coll' armatura, e disposizione, che si vede nella figura I. della prima tavola, tranne le due comunicazioni m, m del condotto colla conserva esteriore, che praticai soltanto attraverso al coperchio mobile per due canaletti l, l concorrenti nel traforo centrale c munito di valvola, e di luce non maggiore di un quinto della sezione del condotto. Di semplice lastra ordinaria di ferro erano la campana cilindrica EI, e il condotto *edih* in essa innestato a tenuta d' aria. Il coperchio mobile era di legno, di metallo la sua valvola, e quella del condotto, come l' armatura d' entrambe. Il pestello P componevasi di un disco principale di piombo, e di altri minori infilati sul primo, e amovibili; onde il suo peso non meno che la sua caduta variavasi a piacimento. La campana, onde rafforzarla, e frenarne le vibrazioni, fu sepolta in un grosso muramento di gesso. Gli elementi, e le dimensioni del num. 13, avevano in questo primo saggio di esecuzione, e di sperienza questi valori metrici prossimamente.

$a = 0,43$; $b = 0,11878$; $d = 0,2464329$; $2r' = 0,122$; $2r = 0,1$; $e = 0,011$; $j = 0,01$; $m^2 = 0,0126077$; $p^2 = 0,106616$; $Q = 0,0310695$; $h = 0$; $c = 0,36$; $q' = 0,00096211$; $A = 4,56118$.

Una più solida costruzione si eseguiva nel tempo stesso dell' ariete a percossa interna rappresentato nella prima delle figure 2. della tavola suddetta. Le trombe A, A, il condotto B, e la palla cava ben tornita, o valvola ambulante *a* di fermata, la campana D, e sua valvola *v* erano di metallo fuso, la ruota, e le spranghe dentate degli stantuffi erano di ferro. Queste nella loro corsa avevano appoggio, e guida insieme da carruccole di metallo fisse in una robusta armatura di legno, che tutta stringeva, e reggeva la macchina. L' acqua surrogavasi attraverso agli stantuffi di legno pei trafori O da una vasca di latta sovrapposta alle trombe, mantenuta piena da apposito servente. Le dimensioni del modello secondo le denominazioni dei numeri 30, e 13. erano queste.

$d' = 0{,}38$; $r = 0{,}28$; $m' = m'^2 = 0{,}007091884$; $m'^{1/2} = 0{,}003989183$; $a' = 0{,}41969176$; $a'' = 0{,}031675$; $r = 0{,}095$; $a = 0{,}829$; $b = 0{,}19$; $b + b' = 0{,}61$ circa; $p'^2 = 0{,}01969967$; $c = 0{,}38$; $q^2 = 0{,}000254767$; $A = 4{,}91$; $A = 6{,}84$; $h = 0{,}07$. La luce del traforo degli stantuffi era $= 0{,}00152053$;

78. Le due macchine furono subito poste alla prova presso l' artefice signor Muzzarelli mancato poc' anzi di vita con grave danno dell' arte sua con tubi di salita poco meno dell' altezza del camerone dell' officioa . Come sempre succede, quando si viene a tradurre all' atto pratico un nuovo progetto meccanico di qualche complicazione, non poche difficoltà, e imperfezioni s' incontrarono in principio segnatamente nell' assicurare la giusta direzione della percossa del primo ariete, la fedele restituzione alterna del coperchio mobile al segno prescritto, e il pronto afflusso dell' acqua esterna ad alimentare il condotto, e in entrambi gli arieti il tenore più opportuno di forza, e successione delle percosse. Sopra tutto nel secondo la fuga dell' acqua attorno gli stantuffi in copia maggiore che non avea stimato, rese necessario un prolungamento delle due trombe; e per una rottura avvenuta nella campana si dovette rifondere anche questo pezzo indispensabile.

Dopo queste più urgenti riparazioni entrambi gli arieti incominciarono a mostrare in quantità soddisfacente l' effetto loro attribuito, che io seguitai a sperimentare lungamente migliorando di nuovo or una, or un' altra delle parti accessibili dell' apparecchio, e le condizioni del più regolare possibile, e meno laborioso servizio loro esterno. Alle quali prime prove si compiacquero di assistere più volte i miei colleghi professori, e membri dell' Istituto, e l' ispettore in capo della Commissione Pontificia d' acque, e strade signor cavaliere Giusti.

Variavasi il peso del maglio da 32 libbre = kilogrammi 11,5792 a libbre 40 = kil. 14,474, la caduta da due piedi = metri 0,7601966 a piedi due e mezzo. Fra questi moderati limiti della percossa, finchè

il traforato, e debole coperchio mobile di legno si mantenne intero, e finchè il muramento di gesso non fu allentato dall' acqua, da cui non si poteva preservare, si riuscì in molti sperimenti di questo rozzo modello, a sostenere da un colpo all' altro non interrotto il getto del tubo alla non piccola altezza indicata non ostante il tanto precario, e ristretto concorso dell' acqua esterna. Ma in progresso il guasto delle percosse nelle guide del maglio, e nel coperchio mobile, e il danno dell' acqua nel muramento della campana resero ognora più frequente l' intermittenza del getto, e debole la portata del tubo d' elevazione. L' intento però era già ottenuto, cui il provvisorio modello doveva servire, quello di riconoscere semplicemente i particolari di siffatta maniera di artificiale percossa dell' acqua, la possibilità, e la realtà dell' ideato suo effetto.

79. Più generoso, e più costante fu il getto dell' ariete a percossa interna di più esatta, e forte costruzione, dappoichè l' artefice, e uno de' suoi lavoranti eransi addestrati all' uniforme, e conveniente servizio della ruota motrice. Sopra tutto era interessante il vedere slanciarsi l' acqua in pochi istanti verso il tetto dell' officina, e stabilirsi tosto un pieno, e vigoroso getto del non piccolo, nè corto tubo descritto sotto l' azione di ordinaria fatica dell' operatore.

Le sperienze di questo ariete furono ripetute nel teatro anatomico dell' antica Università, sede provvisoria dell' Istitnto, e nel giardino botanico alla presenza di S. E. il Cardinal Legato, e di numerosa comitiva di professori, e di altri distinti, e intelligenti personaggi. Quivi s' impiegava il tubo di salita della maggiore lunghezza di metri 6,84. Se ne raccoglieva l' acqua innalzata in una cassetta parallelepipeda di nota misura, e con buon cronometro si contavano i minnti secondi spesi ogni volta per riempierla, essendo la macchina tenuta in esercizio dal solito operatore, e alimentata da un altro coll' acqua del canale del giardino, sul quale fu stabilita in prospetto della casa del signor direttore, e professore Bertoloni, dove il superiore si compiacque di prendere posizione coll' intero consesso approvando la graziosa offerta fattane all' Istituto dal collega predetto.

La macchina seguitò a mandare il suo getto continuato alla nuova maggiore altezza in tutte le molte prove che si rinovarono. Il minor risultato che se ne ottenne, fu l' alzamento del peso d' acqua di kilogrammi 31,8324 per ogni intervallo di minuti $3\frac{1}{2}$ a metri sei sopra il livello del bacino annestato alle trombe. L' uomo che teneva in moto la ruota, mostrava veramente di sopportare notabile fatica. Supponiamo perciò, che un uomo di forza ordinaria regger possa senza eccesso di fatica in siffatto lavoro per sole quattr' ore al giorno ripartitamente.

Tale stima, son certo, che non è soverchia, per l' osservazione del servizio lungamente prestato dall' operatore medesimo nelle sperienze. Così essendo troveremo per la nota regola l' effetto utile giornaliero, che già un uomo può rendere col nostro modello, espresso dal numero 91677,312.

Dall' osservazione di Coulomb di molti operai sotto la fatica analoga di girare la manovella risulta l' effetto utile giornaliero = 115920. Ammessa questa misura, se ne deduce, che la macchina nella presente sua costruzione restituiva $\frac{79}{100}$ della forza che s' impegnava.

Riferiamo per una stima più sicuro l' effetto ottenuto al servizio più libero da estranee resistenze, a quello d' un uomo, che portasse a secchi l' acqua all' altezza proposta salendo per comoda scala. In tal caso il Venturoli ricava da un' altra sperienza di Coulomb la quantità del prodotto giornaliero = 170320. Confrontando con questa base l' effetto del nostro operatore vedremo, che la macchina ci preserva tuttavia $\frac{5382}{10000}$ della forza utile, che richiede, porzione ancora superiore a quanto ne possono restituire le migliori trombe idrauliche.

80. Ma in questo modello rimangono due difetti di costruzione, per la riparazione dei quali, totalmente praticabile, deve crescere mirabilmente l' effetto. Uno è il troppo scarso momento della ruota, la quale, compreso il manubrio, pesava soli kilog. 7,237. Un raggio alquanto maggiore sarebbe necessario, onde l' operatore avesse campo d' imprimere all' acqua tutto lo sforzo, che può fare in ciascuna alternativa: senza una massa poi della ruota, che pel moto impresso tenga fermo contro la reazione e il rimbalzo dell' acqua del condotto nell' atto dell' arresto, e sostenga l' iniezione nella campana, l' operatore è costretto a supplirvi con grave fatica, se molto non vuol perdere dell' effetto di ciascun colpo. L' altro ancor più grave difetto era la inevitabile strettezza dei trafori degli stantuffi, unica via provvisoria, per cui surrogavasi l' acqua nell' interno della macchina. Lo stantuffo retrogrado nell' atto di ciascun colpo restava improvvisamente gravato dal peso inutile della colonna atmosferica avente per base la corona del traforo, il che dovea distrarre una parte notabilissima di forza utile. Aggiungasi la lentezza dell' afflusso dell' acqua esterna; e si vedrà quanto miglioramento sia per ridondare sul giuoco, e prodotto di quest' ariete, se in vece di forare gli stantuffi, aprasi in ciascuna tromba o in fondo, o di fianco nel tratto di libera corsa un più ampio e facile richiamo dell' acqua esterna, come è indicato nella figura 2, conservando intera la solidità anch' essa opportuna degli stantuffi.

Pei descritti, e per altri minori difetti non si faceva luogo al confronto del calcolo, e della teoria della macchina col risultato delle narrate sue sperienze. Non ho però voluto tralasciare di registrarne superiormente il valor numerico dei principali elementi, onde si avesse un più compiuto ragguaglio della prima costruzione, e dei primi tentativi praticati, e trovasse pure un qualche esempio di siffatta determinazione chi volesse accingersi all' impresa medesima. Al qual proposito avvertirò, che da tutti gli indizi del giuoco interno del modello, di cui parliamo, credo di dover ritenere per una delle migliori la scelta, che ho fatta di luce di comunicazione del condotto colla campana, e della sezione, e altezza della campana stessa.

81. Sì l' uno, come l' altro dei nuovi arieti può sottoporsi alla forza dell' acqua corrente. Il primo ariete suggerisce per se stesso il modo di tale sua applicazione, e il modo ancora di moltiplicarlo sotto una stessa caduta d' acqua. L' unica difficoltà, quella che ho dovuto provare nel saggio stesso riferito di sopra, consiste nel doversi indispensabilmente conservare l' esatta costante coincidenza della direzione della caduta del maglio, o pestello, dell' asse del coperchio mobile, e dell' asse della valvola di comunicazione coll' asse stabile del condotto. Adempita, e assicurata questa condizione, l' ariete a percossa esterna sarà la più poderosa macchina da mettersi in opra, ogni volta che si tratterà di portar l' acqua in molta copia a moderate altezze.

Resta altresì da esplorare in questo ariete il miglior modo di dare accesso all' acqua esterna sotto il coperchio mobile. L' uso del traforo nel corpo di questo pezzo principale è di un precario, e debole effetto. Nemmeno quello delle due lontane derivazioni terminate nelle luci *m*, *m* sarebbe forse il migliore. Son d' avviso, che più di tutte sarebbe vantaggiosa, e durevole la disposizione, che si vede nella seconda delle figure 1, in cui l' acqua si deriverebbe attraverso al fondo della campana, e del condotto, e l' iniezione succederebbe di fianco per due luci uguali contrapposte; la perdita del vantaggio della percossa in direzione di questa comunicazione sarebbe abbondantemente compensata dalla fedeltà, e costanza maggiore del giuoco interno.

Volendosi ritenere la valvola d' iniezione nella situazione orizzontale in fondo al condotto come mostra la prima delle figure, gioverebbe connettervi il tronco di cono, cui può servire di base minore, il quale si estendesse tanto presso al fondo della campana, che soltanto restasse luogo all' escursione occorrente per l' iniezione. Così si procurerebbe alla valvola un corpo d' aria condensata tutto suo proprio, che ne renderebbe più pronto il giuoco, e più forte.

Tra i mezzi in oltre atti ad assicurare la giusta e costante direzione

della percossa esterna il migliore di tutti, comecchè il meno economico, ci si presenta nel noto meccanismo, che serve al conio delle monete. Fra i modelli di siffatti torchi, uno assai semplice se ne vede in questa zecca Pontificia d' invenzione di Comelli, che per la sua semplicità meriterebbe d' essere imitato nel nostro caso.

82. L' ariete a percossa interna a cagione dell' alterno suo moto ha bisogno di alcune aggiunte estrinseche, e di particolare adattamento proprio, e della conserva, perchè questa, mentre lo alimenta internamente, vi supplisca ancora al di fuori colla forza dell' acqua cadente quella delle braccia dell' uomo. L' effetto che già ci diede questa macchina, merita che si dia mano anche a questo suo provvedimento; ed io non debbo tralasciare d' investigarlo diligentemente anche per la richiesta, che subito me ne fece graziosamente il signor conte Bianchetti alla vista delle accennate sperienze.

S' immagini, che nella ruota della fig. 2. fra i due settori dentati, che agiscono sulle spranghe degli stantuffi, un altro ve ne sia unito nel superiore intervallo a denti laterali, o sia a corona. Al quale presenti sua ruota dentata, o rocchetto un cilindro verticale, che penetri, e sormonti la vasca sovrapposta, ricevuto a riparo di perdita d' acqua da maggiore cavo cilindro fisso nel fondo della vasca. Dalla sommità di questo cilindro mobile stendansi per opposti bracci due ventole orizzontali poco meno che a contatto del fondo stesso ben appianato, e orizzontale. Per l' incontro anzidetto del nuovo settore a corona della ruota coll' albero delle ventole queste si porteranno alternativamente a coprire quattro punti contrapposti del fondo, e quivi si fermeranno con facile ritegno, se qui arrivano al terminare del colpo dell' ariete, o poco prima, quando cessa, o è debolissimo l' impulso della ruota.

Se ora in due contrapposti di tali punti del fondo, o in tutti quattro si aprono altrettante luci alquanto minori in ampiezza delle ventole, e da esse per mezzo di trombe per di sotto loro applicate altrettante uguali vene d' acqua proporzionate alla portata perenne della conserva a colpire uno reciprocamente all' altro uno, o due ordini di palmette uguali fisse nell' albero della ruota, e se la corsa di questa, e quella delle ventole saranno stabilmente accordate in guisa, che la doccia attualmente in esercizio venga coperta dalla sua ventola al finire del colpo da essa operato; posta una volta la macchina in giuoco, le doccie alternativamente intermittenti ve la manterranno; e l' effetto sarà quello prossimamente, che la forza dell' acqua suol dare nelle analoghe sue applicazioni alle usate ruote idrauliche, nè sarà certamente inferiore a quello, che si può attendere dalla migliore disposizione dell' ariete primitivo.

83. Se l' ariete, di cui si tratta, giacerà orizzontale, cesserà il bisogno dell' anzidetto cilindro regolatore addizionale. L' albero stesso allora verticale della ruota prolungato oltre il livello supremo della conserva, e armato esso stesso delle due ventole procurerà nel fine di ciascuna sua corsa l' alternativa d' azione sulla ruota delle doccie della conserva.

Oltre questi altri vantaggi grandissimi si avranno da tale positura della macchina, se di più sarà questa raddoppiata, come si vede minutamente nella figura della tavola seconda. Qui il numero dei pezzi più soggetti a resistenze rimanendo lo stesso di prima, si ha immancabilmente un risparmio vistoso di forza utile; qui l' atteggiamento d' azione orizzontale dell' uomo applicato all' albero della ruota rende più comoda, più efficace, e durevole l' azione stessa; qui infine l' acqua stessa aspirata, nell' arresto, che soffre a ciascun colpo, esercita sullo stantuffo retrogrado, che insegue, una secondaria percossa tutta favorevole a sostenere col momento della ruota lo sbalzo dell' acqua interna nella campana. La cura più difficile, che la macchina richiede in tal guisa raddoppiata, è quella di conservare contemporanea la corsa di una colla corsa dell' altra delle due palle, o valvole ambulanti, onde aver colpo da ambe le parti, e iniezione ugualmente vigorosa in ambe le campane al tempo stesso. La quale necessaria condizione ogni volta che venga a mancare, potrà repristinarsi mediante esterno registro delle valvole delle quattro aperture di richiamo dell' acqua esterna atto a variare opportunamente il grado di resistenza di una valvola ad aprirsi, e serrarsi, onde riducansi all' isocronismo le battute dei due arieti collegati. Mi si dia uno di questi grandi rettangoli sommerso, e stabilito a tre o quattro centimetri di profondità in ampio ricetto d' acqua, e costrutto con abbondante solidità massime di condotti, e di campane, e coll' accennata uniforme corrispondenza di giuoco, e dimensioni di tutte le alterne sue parti. Oso affermare, che la forza d' un sol uomo basterà a provvedere con esso in pochi minuti dell' acqua di consumo giornaliero una numerosa famiglia sovrastante in qualunque piano delle ordinarie abitazioni.

TRATTATO

TEORICO-SPERIMENTALE DELLE RUOTE IDRAULICHE, E DE' MULINI DA GRANO E DA PESTARE

DEL PROFESSORE

GIOVAMBATISTA MASETTI

PREAMBOLO

A qual epoca rimonti l' invenzione di quelle macchine che alla macinazione del frumento furono destinate, è oltremodo difficile il definire. Tante, e così disparate sono le opinioni degli storici antichi su questo argomento, che ben non saprebbesi a quale dar si dovesse la preferenza. Fra tutti gli scrittori, che a stabilire quest' epoca hanno adoperato qualche studio, quello che a parer mio ne ha indicata la più verosimile, è stato il signor Luigi Arduino in una sua dotta Memoria sull' arte di macinare, inserita negli atti dell' Accademia di Padova per l' anno 1809.

La fonte a cui attinge quest' illustre scrittore, è il più antico di tutti i libri, è quel monumento antichissimo che servir dovrebbe di modello agli storici, la Genesi. *Quivi è fatta chiarissima menzione del frumento, della farina, e del pane, fino al tempo di Abramo* (Gen. cap. 18. vers. 6.); *e perciò conchiude il signor Arduino che gli Ebrei sono stati* i più antichi popoli della terra, che abbiano conosciuta l' arte ammirabile di convertire in farina il grano per farne pane. *Nacque adunque quest' arte nella Caldea e nella Mesopotamia, da cui poscia passò nell' Egitto, nella Grecia, e di poi nell' Italia; e così progressivamente si diffuse in tutte le altre nazioni dell' antico continente.*

Le prime macchine che a tanto scopo furono inventate, erano messe in moto dagli uomini; e perciò vennero chiamate mulini a

braccia. *Raccontano gli storici, che il famoso poeta Plauto non avendo con che procacciarsi il vivere, fu costretto ad agirare la macina di uno di questi mulini, e compose una gran parte delle sue commedie, in mezzo a così vile esercizio* (Veggasi il lib. 3 delle notti attiche di Aulo Gellio). *Agli uomini vennero di poi sostituiti gli asini, i cavalli e le altre bestie; cosicchè giunta l' umana industria a più sublime perfezionamento, mercè le cognizioni acquistate nella meccanica, fù allora che si pensò di sostituire a tutti questi agenti una corrente acquea.*

Per consenso di tutti gli storici questo perfezionamento de' mulini da grano, conta la sua origine nel secolo felice di Augusto; e Vitruvio contemporaneo di questo principe, nel decimo libro della sua Opera, fa la descrizione de' primi mulini ad acqua che allora conoscevansi.

Ad onta di così felici successi, non può ancor dirsi che i mulini da grano abbiano ottenuto l' ultimo suo perfezionamento; imperocchè, mentre per una parte coteste macchine sono state lunga pezza negletta dai Geometri, per l' altra se ne affida anche oggi giorno la costruzione ad artefici ignari affatto della scienza della meccanica, i quali non d' altroi possono occuparsi che della formazione delle diverse parti di cui è composto un simile edifizio.

Fin dall' anno 1815 *tentai io di scuotere questo giogo, pubblicando un Opuscolo intitolato* = Metodo teorico-pratico di perfezionare i mulini da grano =, *nel quale esposi il modo di conoscere se un dato mulino agiva col massimo effetto, e di condurlo a questa perfezione se da essa lungamente scostavasi. L' uso de' principj da me esposti in quell' Opuscolo, non è certamente alla portata delle cognizioni di quegli artefici, che alla costruzione di queste macchine vengono esclusivamente chiamati; e perciò io reputo necessario che questi artefici vengano diretti da un abile ingegnere. Ne sia una seconda prova lo scritto presente, nel quale ripreso interamente il primo lavoro, viene questo di gran lunga aumentato, e in qualche parte corretto. In primo luogo, dove in quell' Opuscolo non faceva che riportare i risultamenti delle diverse teorie sulle ruote idrauliche, in questo ho voluto esporre interamente coteste teorie, anche perchè mi è sembrato di poterle soggettare a qualche modificazione. In quanto ai mulini da grano, oltre averne data la teoria, applicandole ad alcune sperienze ho cercato, colla scorta di queste, e sulle traccie del Navier, di determinare le formole necessarie per lo stabilimento di un mulino, le quali formole dati alcuni degli elementi di questa macchina, determinano tutti gli altri che le*

appartengono. Ho aggiunte inoltre alcune pratiche considerazioni, e sulla struttura delle diverse parti di un mulino, e sul modo più vantaggioso di preparare le macini, e mantenerle di un peso presso a poco costante. Nel presente lavoro, ho io voluto inserire anche la teoria de' mulini da pestare, con alcune osservazioni sul possibile loro perfezionamento. Per tal modo, la materia di quest' operetta viene divisa in tre parti: nella prima espongo la teoria e le sperienze sulle ruote idrauliche; nella seconda, applico questa teoria ai mulini da grano; e nella terza sviluppo brevemente quanto appartiene ai mulini da pestare.

Danno compimento a questa mia fatica, alcune tavole sulla riduzione delle principali misure antiche in misure metriche, e sul peso di un metro cubo di diverse sostanze, espresso in chilogrammi. Con ciò io credo che gli ingegneri abbiano tutto l' occorrente per istudiare su questa materia interessantissima: e co' loro studi, e colle sperienze che su queste macchine possono instituire, recheranno giovamento grandissimo a questa parte di Architettura Idraulica, la quale appunto non d' altro abbisogna che di osservazioni, e di sperienze replicatissime, per essere messa nell' ultimo grado di perfezione. Gl' ingegneri sono quelli che meglio di qualunque altro ponno soddisfare a queste bisogne dove si abbandoni il pregiudizio di affidare l' esecuzione de' mulini ad artefici inesperti, e si dia campo ai primi di fare quegli studi e quelle sperienze, che a sì nobile scopo sono necessarie.

PARTE PRIMA

DELLE RUOTE IDRAULICHE

CAP. I.

Nozioni preliminari.

1. Tutte le macchine idrauliche, destinate a macinare il grano, a brillare il riso ec., sono mosse da una corrente acquea che agisce sopra di una ruota, la quale talvolta gira in un piano verticale, e tal altra in un piano orizzontale. In due modi agisce la corrente sopra questa ruota: 1.° coll' urto; 2.° e col semplice peso. Nel primo caso, se la ruota è verticale, viene corredata di palmette atte a ricevere l' urto della corrente; e nel secondo, una serie di cassette viene distribuita su tutta la periferia esterna della ruota, le quali ricevono l' acqua nel punto più alto della medesima. Che se la ruota è orizzontale, viene sempre corredata di palmette, e l' acqua agisce o coll' urto, o col semplice peso, secondo la forma delle palmette, e la direzione della corrente.

La maggior parte degli autori moderni di Idrometria, deducono la teoria delle ruote idrauliche, dal principio meccanico conosciuto sotto il nome di *Conservazione delle forze vive*.

Cotesto principio, quanto è buono per quelle macchine mosse da tutt' altro motore che da una corrente fluida, altrettanto può essere sorgente di false conseguenze, nelle ruote idrauliche. Dal principio della conservazione delle forze vive si deducono esattamente le leggi di percossa fra solidi e solidi, elastici o duri che siano; ma quelle della percossa de' fluidi contro solidi, dubiterei si potessero dedurre con egual sicurezza. Troppo è diversa la natura de' solidi da quella de' fluidi perchè possa credersi che queste leggi di percossa discendano dagli stessi principi. Il perchè io dubito, che falsamente si operi quando dal suindicato principio si deduce la misura dell' urto di una corrente fluida, contro una ruota. Secondo me cotesto principio non è male applicato, allorchè una massa fluida agisce sulla ruota più pel proprio

peso che per l' azione dell' urto (quantunque sia vero, che non si perverrà a risultamenti esatti, se non quando l' azione dell' urto sia assolutamente nulla). Imperocchè, lasemplice azione di un peso non debbe variare colla natura del corpo a cui appartiene; e di una data massa, sia solida o fluida, l' effetto del peso sarà sempre lo stesso: al contrario l' effetto dell' urto, debbe variare colla natura della massa che lo produce. Cotesta mia opinione sembrami convalidata dalla sperienza: imperocchè, dedotta la teoria delle ruote idrauliche tanto dal principio di che si ragiona, quanto da altri principi, vedremo, che ove la corrente agisca più per l' urto che pel proprio peso la prima di coteste teorie viene smentita dalla sperienza, frattanto che la seconda lascia luogo ad una correzione, che la rende uniforme coi risultamenti della medesima. Ma allorchè l' azione della corrente è douvta più al peso che alla percossa, la prima di queste teorie è assai vicina ai risultamenti della sperienza, e si rende preferibile a qualunque altra.

Pertanto, prima di esporre le varie teorie delle ruote idrauliche; sarà bene richiamare alla memoria de' nostri lettori, ciò in che consiste il suindicato principio della conservazione delle forze vive, onde averlo presente in ogni sua applicazione.

2. Sia un sistema di masse w, w' .... fra loro collegate in qualsivoglia modo, e sollecitato da date forze. Riferito il sistema a tre assi ortogonali; siano x, y, z le coordinate del centro della massa w; x', y', z' le coordinate del centro della massa w', e così via discorrendo. Chiamiamo P, Q, R le forze acceleratrici della massa w, agenti rispettivamente nel senso delle coordinate x, y, z; P', Q', R' le forze acceleratrici della massa w', agenti nel senso delle precedenti, e così dicasi delle altre masse. Cominciamo dal considerare la massa w. Supponiamo che dopo il tempo t, il suo centro si muova colle velocità $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$ nel senso delle coordinate x, y, z. È chiaro, che nel successivo istante dt, gl' incrementi della velocità dovuti alle forze acceleratrici P, Q, R sarebbono $P\,dt$, $Q\,dt$, $R\,dt$; mentre che per la connessione de' punti del sistema, gl' incrementi effettivamente impressi nella massa, saranno $\frac{ddx}{dt}$, $\frac{ddy}{dt}$, $\frac{ddz}{dt}$. Dunque, pel contrasto tra le parti del sistema, rimangono spente le velocità $P\,dt - \frac{ddx}{dt}$, $Q\,dt - \frac{ddy}{dt}$, $R\,dt - \frac{ddy}{dt}$. Allo stesso modo si troverà, che per la massa w', rimangono

spente le velocità $P'dt-\frac{ddx'}{dt}$, $Q'dt-\frac{ddy'}{dt}$, $R'dt-\frac{ddz'}{dt}$; e così si procede fino all' ultima di coteste masse. Ora pel principio d' Alembert le forze corrispondenti a queste velocità perdute si fanno equilibrio fra loro. Dunque se concepiamo i centri delle masse w, w' ec. animate dalle forze $w\left(Pdt-\frac{ddx}{dt}\right)$, $w\left(Qdt-\frac{ddy}{dt}\right)$, $w\left(Rdt-\frac{ddz}{dt}\right)$; $w'\left(P'dt-\frac{ddx'}{dt}\right)$, $w'\left(Q'dt-\frac{ddy'}{dt}\right)$, $w'\left(R'dt-\frac{ddz'}{dt}\right)$, ec.; e se immaginiamo che il sistema prenda un moto minimo e tale che le coordinate x, y, z ricevano gl' incrementi dx, dy, dz; e le coordinate $x', y' z'$ gl' incrementi dx', dy', dz' ec.; pel principio delle velocità virtuali risulterà l' equazione

$$\left.\begin{aligned} &w\left(Pdt-\frac{ddx}{dt}\right)+w'\left(P'dt-\frac{ddx'}{dt}\right)+\ldots\ldots \\ &+w\left(Qdt-\frac{ddy}{dt}\right)+w'\left(Q'dt-\frac{ddy'}{dt}\right)+\ldots\ldots \\ &+w\left(Rdt-\frac{ddz}{dt}\right)+w'\left(R'dt-\frac{ddz'}{dt}\right)+\ldots\ldots \end{aligned}\right\}=0,$$

la quale divisa per dt, si troverà riducibile alla forma

$$\Sigma w\left[\left(P-\frac{ddx}{dt^2}\right)dx+\left(Q-\frac{ddy}{dt^2}\right)dy+\left(R-\frac{ddz}{dt^2}\right)dz\right]=0;$$

o sai

$$\Sigma w.\frac{dx\,ddx+dy\,ddy+dz\,ddz}{dt}=\Sigma w.(Pdx+Qdy+Rdz)$$

Dicasi ora V la velocità del centro della massa w, sarà

$$V^2=\frac{ds^2}{dt^2}=\frac{dx^2+dy^2+dz^2}{dt^2},$$

differenziando avremo

$$V\,dV=\frac{dx\,ddx+dy\,ddy+dz\,ddz}{dt^2},$$

e però $\Sigma w\,V\,dV=\Sigma w\,(Pdx+Qdy+Rdz)$. Integrando risulterà

$$\Sigma.wV^2 = \text{cost.} + 2\,\Sigma.w\int(P\,dx + Q\,dy + R\,dz).$$

Le forze P, Q, R, P', Q' ec., sogliono essere di tal natura, che i trinomi $P\,dx + Q\,dy + R\,dz$; $P\,dx' + Q'\,dy' + R'\,dz'$; ec., sono differenziali esatti; posto adunque $P\,dx + Q\,dy + R\,dz = dF$ si avrà

$$\Sigma.\,w\,V^2 = \text{cost.} + 2\,\Sigma.\,w\,F;$$

e supposto che quando $t = 0$, sia $V = V$, $F = F'$, risulterà cost. $= \Sigma.\,w\,V - \Sigma.\,w\,V'^2$, e però

$$\Sigma.\,w\,V^2 - \Sigma.\,w\,V'^2 = 2\,[\Sigma.\,w\,F - \Sigma.\,w\,F'].$$

Ora il prodotto di una massa pel quadrato della sua velocità, è la *forza viva* di quella massa; ed il prodotto di una forza qualunque applicata ad una massa, moltiplicata per lo spazio che percorre nella direzione di essa forza, chiamasi *l' effetto* di questa forza; di qui adunque il seguente teorema.

La somma delle forze vive acquistate o perdute da un sistema di masse qualunque in un determinato tempo; è sempre eguale al doppio della somma degli effetti, che nello stesso tempo sono impressi nel sistema, per l' azione delle forze ad esso applicate.

3. Nelle macchine gli ostacoli al loro movimento, altri sono *permanenti*, ed altri *accidentali*: i primi sono gli attriti, la rigidezza delle funi, e la resistenza de' mezzi; i secondi sono que' cangiamenti istantanei che succedono nelle velocità de' corpi messi in moto, i quali nascono ordinariamente per l' effetto di una percossa. In quanto ai primi vedremo a suo luogo il modo di assoggettarli al calcolo; ed in quanto ai secondi il teorema precedente ne somministra la misura. Infatti tutte le volte che la velocità di un corpo, il cui peso sia p, e la massa $\frac{p}{g}$ (rappresento con g la gravità acceleratrice), aumenta o diminuisce istantaneamente di una quantità finita v'; succede in questo corpo un cangiamento di forza viva espresso da $\frac{p}{g}v'^2$: l' effetto corrispondente a questa forza viva, acquistata o perduta dal corpo, pel teorema precedente, è la metà di essa forza, cioè $= p.\frac{v'^2}{2g}$. Dunque, dove avenga che la velocità di una macchina, soffra un cangiamento istantaneo v'; una parte dell' effetto del motore, quant' è la metà della forza viva perduta dalla macchina, non è punto trasmessa alla resistenza; ed è notabile,

che questo effetto si misura dal prodotto del peso del corpo percuziente, moltiplicato per l' altezza dovuta alla velocità acquistata o perduta all' atto della percossa. Vedremo più innanzi un' applicazione di questo teorema.

Nella ricerca delle teorie delle ruote idrauliche, giusta il principio della conservazione delle forze vive, seguiremo le traccie segnate dal Navier nelle auree sue note al tomo primo dell' Architettura Idraulica del Belidor, edizione di Parigi del 1819; e nella teoria di queste stesse ruote, giusta altri principi, seguiremo le orme segnate dal professore Venturoli, negli egregi suoi Elementi di Meccanica ed Idraulica, tomo II, sezione seconda.

CAP. II.

Delle ruote idrauliche verticali, mosse dall' urto di una corrente.

4. Le ruote verticali che muovonsi per l' urto di una corrente, ora si trovano in un canale di sezione amplissima, e quindi in un fluido indefinito; ed ora in un canale angusto, e quindi in una doccia, entro cui la ruota altro spazio non trova, se non quello che è necessario al libero suo movimento.

In quanto alle ruote che muovonsi in un fluido indefinito, ecco da quali principi parte il Navier, nello stabilirne la teoria.

Una ruota a palmette che muovasi in un fluido indefinito, può considerarsi siccome soggetta alla percossa che riceverebbe un corpo mosso nel senso della corrente, con una velocità eguale a quella del centro della palmetta. Per conseguenza, chiamando W l' area della palmetta immersa nella corrente quando trovasi in situazione verticale, v la velocità del centro di quest' area, e V la velocità della corrente; la forza F che l' acqua esercita nel senso della circonferenza della ruota, sarà proporzionale al peso di un prisma d' acqua, che avendo per base la superficie W abbia per altezza quella dovuta alla velocità dell' urto $V-v$; detto adunque k un coefficiente costante, sarà

$$F=k.1000\,W\,\frac{(V-v)^2}{2g}.$$

L' effetto di questa forza, nell' unità di tempo, essendo il prodotto del-

la medesima per la velocità del punto a cui dee intendersi applicata (n.° 2.) sarà dato dall' equazione

$$F\nu = k.1000\,W\frac{(V-\nu)^2\nu}{2g}.$$

Il moto di una ruota qualunque dee esser tale, da ottenere dalla medesima il massimo effetto possibile; dunque nella pratica il valore di ν dovrà esser tale da render massima l' espressione $F\nu$. Giusta la teoria de' massimi e minimi, cotesto valore di ν sarà dato dall' equazione $d.F\nu = 0$, la quale ci da $\nu = \frac{1}{3}V$; dunque la velocità della ruota debb' essere un terzo di quella della corrente. Il valor massimo dell' effetto $F\nu$, sarà quindi

$$F\nu = \frac{4}{27}k.1000\,W\frac{V^3}{2g};$$

e lo sforzo esercitato contro la ruota onde ottener questo effetto, sarà

$$F = \frac{4}{9}k.1000\,W\frac{V^2}{2g}.$$

5. Il Venturoli osservando che non una sola mai più palmette ad un tempo vengono qual più qual meno urtate dalla corrente, e che queste coprendosi in parte l' una coll' altra, producono tali cangiamenti nella velocità e direzione della corrente, che malagevole sarebbe l' assoggettarli a calcolo con precisione, così nello stabilire la teoria delle ruote verticali, ritiene esser miglior consiglio l' adottare un ipotesi comunque difettosa, abbandonando qualunque altra teoria, per poscia correggerla col paragone della sperienza.

Suppone quindi con altri geometri che la ruota sia corredata di una sola palmetta, la quale in tutto il suo giro, venga urtata mai sempre direttamente; e così il vario impulso della corrente contro più ale ad un tempo, viene ridotto ad un impulso costante, prodotto contro quest' ala fittizia. Chiamata A la superficie dell' ala fittizia, urtata direttamente della corrente, essendo quest' urto proporzionale all' area urtata, ed al quadrato della velocità dell' urto, detto m un coefficiente costante sarà

$$F = mA(V-\nu)^2.$$

L'effetto di questa forza sarà dato dall'equazione

$$F v = m A (V - v)^2 v ,$$

il quale diviene massimo, allorchè $v = \frac{1}{3} V$, siccome nella teoria precedente. L'espressione di quest'effetto massimo, e della forza che lo produce, sarà rispettivamente

$$F v = \frac{4}{27} m A V^3 \qquad F = \frac{4}{9} m A V^2 .$$

Rimane che vediamo, quale di queste due teorie, sia stata meglio adattata a rappresentare i risultamenti della sperienza.

6. Prima però di fare questo confronto, suppongo che la ruota della quale si tratta, venga destinata a sollevare un peso P per mezzo di una fune avvolta attorno del suo albero; chiamata u la velocità colla quale viene sollevato questo peso, sarà Pu l'effetto della macchina: ma pel moto equabile l'effetto della forza debbe eguagliare quello della macchina a cui è applicata; avremo dunque l'equazione $Fv = Qu$. Inoltre chiamato a il raggio della ruota, e b quello del suo albero; starà $a : b :: v : u$, e però sarà $u = \frac{b}{a} v$. Dunque l'equazione del moto equabile della macchina, giusta i principj del Navier, sarà

$$(E) \ldots\ldots\ldots k \cdot 1000 W \frac{(V - v)^2}{2g} = \frac{b}{a} P ,$$

e giusta la teoria del Venturoli

$$(E') \ldots\ldots\ldots m A (V - v)^2 = \frac{b}{a} P .$$

7. Il Navier nella nota (dl) dell'opera citata, determina il valore di k dietro le sperienze del Boistard (1), fatte sopra ruote di grandi dimensioni, dalle quali risulta, che l'urto di una corrente indefinita contro le palmette di una ruota, „ non è giammai inferiore (sono parole del Navier) al peso di una prisma d'acqua che abbia per base

(1) *Expériences sur la main-d'oeuvre* ec. pag. 69.

„ la superficie della palmetta, e per altezza il doppio di quella do-
„ vuta alla velocità relativa; e che se la ruota pesca poco, come sa-
„ rebbe di un quarto o di un terzo del suo raggio, si può senza er-
„ rore prendere per altezza del prisma il triplo di quella dovuta alla
„ velocità relativa.„ Dunque il valore del coefficente k sarà compreso fra i numeri 2 e 3.

A confermare maggiormente cotesto risultamento, ricorre il Navier alle sperienze del Bossut fatte in un fluido indefinito; e calcolando quella di coteste sperienze dalla quale si ottenne il massimo effetto, conchiude che nella pratica può farsi $k = 2,5$.

Prendendo a minuto esame, non tanto le sperienze del Bossut quanto quelle del Christian, vedremo fra poco, fino a quando può fidarsi di questo risultamento.

7. Nelle sperienze del Bossut (1) fu adoperata una ruota guernita di 24. palmette, il cui diametro esteriore era di piedi 3. Le palmette erano larghe pollici 5 = metri 0, 1353; alte pollici 6 = metri 0, 1624; e pescavano in acqua per un'altezza di pollici 4 = metri 0, 1083. Il raggio della ruota corrispondente al centro della palmetta immersa nella corrente, era di piedi 1:4 = metri 0, 4331; ed il raggio del subbio portante la fune che traeva il peso P, accresciuto di una linea raggio della stessa fune: era di pollici 1 e linee 4 = metri 0, 0361. Il canale entro il quale furono istituite le sperienze, era largo circa 12 o 13 piedi, e l'acqua vi si mantenne sempre ad un'altezza di sette in otto pollici. La larghezza adunque della sezione del canale era più di 28 volte maggiore di quella delle palmette, e però può aversi per un fluido indefinito. La velocità della corrente, esplorata con un mulinetto, fu trovata di pollici 68,5 = metri 1, 8543 al minuto secondo. Di qui risultano le seguenti denominazioni

$$V = 1,8543;\ a = 0,4331;\ b = 0,0361;\ \frac{b}{a} = 0,0833.$$

Per calcolare ad ogni sperienza la velocità della ruota, osservava il Bossut qual numero di rivoluzioni essa compieva in 40″; cosicchè chiamato n questo numero, e rappresentando con π il noto rapporto fra il

---

(1) *Traité théorique et expérimental d'hydrodinamique*. T. II. §. 1040. ediz. de l'an IV. de la République. 1796.

diametro e la circonferenza del circolo, sarà $v = \frac{2\pi an}{40}$. Ma $\pi = 3,1416$; $2\pi a =$ metri 2,7212; sarà dunque $v = 0,06803n$.

Diciasette sperienze fece il Bossut con questo apparecchio, in ciascuna delle quali venne cangiato il peso P: l'undecima, che è quella da cui ottenne il massimo effetto, fu scelta dal Navier a consolidare la sua teoria. In essa la ruota fece 11 giri e $\frac{5}{6}$, e venne sollevato un peso di libbre 60 = chil. 29,3703; sarà dunque $v = 0,8050$; $V - v = 1,0493$. E poichè in tutte queste sperienze del Bossut si ebbe $W = 0,1083 \times 0,1353 =$ metri q. 0,015; così la formola (E.) ci da $k = 2,9056$, valore realmente compreso tra 2 e 3, ma maggiore di quello per lui stabilito.

9. Venghiamo alle sperienze del Christian (1). Una cassa di 130 decimetri quadrati di base, e di un metro d'altezza, era unita ad altra cassa, e comunicava colla medesima mercè di un apertura larga 80 centimetri ed alta 33. Questa seconda cassa portava un versatoio di 10 centimetri d'altezza e 20 di larghezza, col quale veniva alimentato un canale orizzontale lungo metri sette, e colla stessa altezza e larghezza del versatoio. La velocità dell'acqua in questo canale, fu riscontrata di metri uno al minuto secondo. Una ruota guernita di 33. palmette fu esposta all'urto di questa corrente. La sua circonferenza esterna era di metri 2 esattamente, e perciò il suo raggio era di metri 0,3183. Le palmette avevano un'altezza di 5. centimetri nel senso del raggio, ed una larghezza di 10; e siccome il canale era largo 20 centimetri, le palmette non occupavano che la metà di questa larghezza. In tutte queste sperienze, le palmette pescavano interamente nella corrente. Risulta adunque, che il raggio della ruota corrispondente al centro di resistenza, equivale a metri $0,3183 - 0,0250 = 0,2933$; e però la sua circonferenza corrisponde a metri 1,843. L'albero di questa ruota, sul quale avviluppavasi la piccola corda traente il peso P, aveva 81 millimetri di circonferenza; sarà quindi $\frac{b}{a} = \frac{81}{1843} = 0,044$. Abbiamo detto che la velocità della corrente era $V = 1$; quella della ruota si desume dal numero di rivoluzioni compiute in 30''; avremo dunque $v = \frac{2\pi an}{30}$; e poichè $2\pi a = 1,843$, sarà $v = 0,06143n$.

---

(1) *Mécanique industrielle ec.* Tom. I. pag. 328.

Sette sperienze fece il Christian con questa ruota, variando il peso da sollevare. La quarta di queste, che ne diede il massimo effetto, sarà da noi adoperata onde conoscere se la teoria del Navier viene o nò confermata. In essa sperienza la ruota fece sette rivoluzioni, e sollevò un peso di chil. 3, 075; sarà dunque $v = 0,43$; $V - v = 0,57$; $P = 3,075$. E poichè in queste sperienze l'area della palmetta era W = metri quadrati 0,005; la formola (E) ne dà $k = 1,6301$, valore non compreso fra i numeri 2 e 3, e quindi inferiore a quello calcolato dallo stesso Navier.

10. Ma non ista qui solamente, la differenza fra la teoria del Navier e le sperienze del Bossut, e del Christian.

Prima di tutto non so comprendere come il Navier possa dire, che il valore di k debbe alcun poco aumentare colla velocità rispettiva $V - v$: tutte le formole precedenti danno invece, che il valore di k varia nella reciproca del quadrato di quella velocità, e però debbe diminuire col crescere di $V - v$. In secondo luogo la teoria del Navier ci da che la velocità della ruota corrispondente al massimo effetto è uguale ad $\frac{1}{3}$ di quella della corrente, mentre le sperienze del Bossut e del Christian ce la danno alcun poco maggiore dei $\frac{2}{5}$; ed al riferire dello stesso Navier, risulta dalle citate sperienze del Boistard, che la velocità $v = \frac{1}{3} V$ corrisponde al massimo effetto della ruota, solo quando le palmette sono interamente immerse nella corrente.

11. Se ci facciamo a paragonare l'equazione (E) coi risultamenti delle sperienze del Bossut e del Christian, troviamo che l'area A della palmetta fittizia non riceve altrimenti un valore costante ma esso scema col crescere di $V - v$. Il perchè „ è a concludere, soggiunge il prof. „ Venturoli (1), che volendosi pur considerare l'impulso come ridotto „ ad una sola palmetta, quest'impulso non cresce secondo il quadrato „ della velocità, ma secondo una proporzione minore. „ Suppongasi che cresca secondo la potenza p della velocità $V - v$ e facciasi $F v = m A v (V - v)^p$. Perchè sia massimo il prodotto $F v$, dovrà essere

(1) Opera citata Tom. II. art. 697.

$v = \frac{V}{p+1}$, e quindi la potenza p secondo la quale varia l'impulso F della corrente contro la ruota, sarà

$$p = \frac{V - v}{v}.$$

Dalle sperienze del Bossut risulta $p = 1,3031$; e da quelle del Christian si ha $p = 1,3256$. Possiamo adunque col prof. Venturoli fare $p = 1,33$, lo che è abbastanza conforme colle sperienze. Infatti da questo valore di p risulta pel massimo effetto $v = \frac{V}{2,33} = 0,429\,V$, cioè la velocità della ruota alcun poco maggiore dei $\frac{2}{5}$ di quella della corrente.

Sostituita pertanto al quadrato della velocità $V - v$, l'espressione $(V - v)^{1,33}$; l'equazione (E') diviene

$$mA(V - v)^{1,33} = \frac{b}{a}P,$$

e con essa si calcola il moto equabile della ruota.

Le 17 sperienze del Bossut danno che il valore di A riesce prossimamente costante, e che si soddisfa assai bene a quest'equazioni prendendo $mA = 2,3$. Chiamata γ la gravità specifica dell'acqua, o sia fatto $\gamma = 1000$ chil. risulterà $m = \frac{\gamma}{2g} = 50,9746$; e quindi A = metri quadrati 0, 045. Ma l'area della porzione di palmetta che pescava nell'acqua, non era che di metri quadrati 0, 015 (n°. 8); dunque, volendo ridurre l'urto della corrente contro tutte le palmette che pescano in acqua, a quello contro una sola palmetta, conviene supporre l'area di questa tre volte maggiore di quella della ruota.

12. Confrontata la stessa equazione colle 7 sperienze del Christian, si trova soddisfatta ponendo $mA = 0,287$, e però si avrà A = metri quadrati 0, 00563: ma l'area della palmetta immersa era metri quadrati 0, 005 (n°. 9.); dunque l'ala fittizia non cresce che di un'ottavo dell'area vera.

Questa discrepanza di risultamento fra le sperienze del Bossut e del Christian, proviene da varie cagioni. È da osservare in primo luogo che nelle sperienze del Bossut la larghezza del Canale era 28 volte

maggiore di quella delle palmette (n.° 8), mentre in quelle del Christian non era che doppia (n.° 9); dunque più quelle che queste appartengono ad un fluido indefinito. In secondo luogo, varia debb'essere la misura dell'ala fittizia secondo che varia, o il numero delle palmette, o la loro immersione. La ruota adoperata dal Bossut aveva 24 palmette; il raggio totale era di 18 poll. = met.0,4872; e le palmette pescavano in acqua per un'altezza di 4. poll. = m. 0,1083, cioè a dire $\frac{1}{4}$ circa del raggio. L'arco della ruota che s'immerge nell'acqua era di circa 77°: 52′ (*), e perciò ben cinque palmette pescavano qual più qual meno nella corrente.

La ruota che servì nelle sperienze del Christian era munita di 33 palmette; il raggio totale era di metri 0,3183; e le palmette pescavano in acqua per un altezza di cinque centimetri vale a dire di $\frac{1}{6}$ circa del raggio della ruota. L'arco immerso nell'acqua era di circa 65°: 6′ (**), e però qui pure cinque palmette pescavano nella corrente. Ma intanto la poca immersione delle palmette, che non era neppur la metà di quella delle sperienze del Bossut, debb'esser cagione che l'area dell'ala fittizia non cresca che di un'ottavo sopra la vera, mentre nella doppia immersione ne diviene tripla.

A rendere manifesta la legge secondo la quale variano i valori di A col variare del numero delle palmette nella ruota, e della loro immersione; sarebbe necessaria una lunga serie di sperienze nelle quali variassero

---

(*) Questo risultamento, che per vero dire è alcun poco maggiore di quello riferito dal Bossut, è stato da me ottenuto nel modo seguente. Sia CM = CS (Tav. 30 fig. 1.) il raggio di quella ruota; l'arco sommerso, sia MSN. Facciasi MCS = φ, starà CM : CR :: 1 : *cos.* φ; e però *cos.* $\varphi = \frac{CR}{CM}$. Nelle sperienze del Bossut CM = 18 poll.; RS = 4 poll.; dunque CR = 14 poll. e quindi *cos.* $\varphi = \frac{14}{18} = 0{,}7777778$ Le tavole trigonometriche ci danno *cos.* 38° : 56′ = 0,7778777; dunque può farsi φ = 38° : 56′; e l'arco MSN sarà di 77° : 52′.

(**) Il Christian nulla dice dell'ampiezza dell'arco MSN; ma dai dati precedenti facilmente si può calcolare. Infatti essendo CR = metri 0,3183; RS = metri 0,05; sarà CR = 0,2683; e però *cos.* $\varphi = \frac{2683}{3183} = 0{,}8429155$. Dalle tavole trigonometriche abbiamo *cos.* 32° : 33′ = 0,8429222; si può dunque, senza errore sensibile, fare φ = 32° : 33′, e sarà poi MSN un' arco di 65° ; 6′ circa.

in ogni modo coteste circostanze: e le osservazioni instituite sulle ruote degli idraulici edifizj, ove si paragonasse l'effetto della macchina, colle sue dimensioni, e colla velocità della corrente; potrebbero assai meglio giovare per la pratica, poichè sì fatte osservazioni andrebbero meno soggette a quelle anomalie, che nelle sperienze fatte in piccolo sono inevitabili.

Ad ogni modo, sarà sempre meno lontano dalla sperienza, l'urto di una corrente indefinita contro una ruota verticale, calcolato mercè l'equazione

$$F = mA(V-v)^{1,33};$$

in cui $m = \frac{1000}{2g}$; ed $A = 3W$.

13. Passiamo ora a considerare le ruote verticali, che muovonsi ne' canali angusti.

Il Navier, dal principio della conservazione delle forze vive, ricava la seguente teoria, esposta nella nota (dn) dell'opera citata.

Sia H l'altezza dovuta alla velocità V della corrente; dicasi μ la massa d'acqua erogata in un secondo; v la velocità della ruota; ed F lo sforzo esercitato dalla corrente alla periferia della medesima. La velocità perduta dalla corrente contro la ruota, sarà $= V - v$; e dopo l'urto resterà alla medesima una velocità $= v$. Prescindendo dagli attriti, lo sforzo F corrisponde ad un peso sollevato dalla ruota per mezzo di una fune avvolta ad un albero, il cui diametro eguagli quello della ruota corrispondente al centro di resistenza. Essendo μg il peso della quantità d'acqua che ad ogni secondo urta contro la ruota, e discendendo questo peso dall'altezza H, il suo effetto sarà espresso da $\mu g H$. Il peso F, che agisce anch'esso contro la ruota ma in senso contrario al peso precedente, opera coll'effetto Fv; dunque l'effetto totale impresso nel sistema ad ogni minuto secondo, sarà $= \mu g H - Fv$. D'altra parte, la forza viva perduta, nello stesso tempo per l'azione della percossa dell'acqua contro le palmette, sarà $= \mu(V-v)^2$, e quella acquistata dalla corrente nell'istante, in cui abbandona la ruota, sarà $= \mu v^2$. Avremo dunque, pel teorema del n.° 2,

$$\mu g H - Fv = \frac{1}{2}\mu(V-v)^2 + \frac{1}{2}\mu v^2;$$

dalla quale equazione, osservando che $V^2 = 2gH$, si ricava

$$Fv = \mu(V-v)v.$$

Il valore di v, che rende massimo quest'effetto, è $v = \frac{1}{2} V$; dunque pel massimo effetto della ruota la sua velocità debb' essere la metà di quella della corrente.

Sostituito questo valore di v nella formola precedente, risulta $Fv = \frac{1}{2} \mu g H$; onde ne segue, che il limite teorico dell'effetto della ruota, è la metà di quello rappresentato dall'altezza H.

14. La teoria di queste ruote, giusta i principi del Prof. Venturoli, è simile a quella del n.° 5. Calcolando lo sforzo F della corrente contro la ruota, mercè la formola $F = mA(V - v)^p$, prende egli a determinare i valori delle quantità A, e p dietro le sperienze instituite dal Bossut sopra ruote che muovonsi ne' canali angusti; e così l'espressione della forza F, meglio s' avvicina ai risultamenti della sperienza, che non quando si deduce da altri principi. Vediamo adunque come siasi tentato di rettificare coteste teorie, mercè le sperienze che fino ad ora si conoscono.

15. Tre sperimentatori abbiamo, che si sono occupati delle ruote di che si tratta. Il primo è stato il Bossut; poscia lo Smeaton; ed ultimamente il Christian. Ma le sperienze di quest'ultimo, sebbene instituite con una ruota del diametro di metri 3,68 (*) munita ora di sessanta ed ora di trenta palmette; e quindi sotto tali dimensioni e circostanze, da potersi riguardare siccome abbastanza conformi alle ruote adoperate negli idraulici edifizi; nondimeno non possono servire a confronti teorici, giacchè in queste sperienze il moto della ruota non potè mai giugnere a divenire uniforme. Infatti coll'apparecchio del Christian, ch'io reputo inutile il descrivere, non potevasi disporre che di un'erogazione equivalente a 450 chil. di acqua; e questa effettuavasi in 8″. Ora, in questo brevissimo tempo, che costituiva la durata di ciascuna di quelle sperienze, non potè mai la ruota acquistare un moto equabile, nè potè fare più di tre rivoluzioni.

(*) Il Christian, nella citata sua Meccanica T. I. pag. 329, dice che questa ruota ha un diametro di metri 3,28 non compresa l' altezza delle palmette, che è di venti centimetri; conchiude quindi che il diametro totale è di metri 3,32. Questo è un'errore; imperocchè, se l'altezza delle palmette era di venti centimetri il diametro della ruota, non comprese le palmette, sarebbe stato di soli metri 2,92; e se questo diametro era effettivamente di metri 3,28, l'altezza delle palmette avrebbe dovuto essere di soli venti millimetri. Ora poichè si fatta palmetta sarebbe troppo piccola per una ruota così grande, perciò io ritengo che il diametro totale della ruota sia $= 3{,}28 + 0{,}40 = 3{,}68$.

Vediamo nondimeno, qual rapporto esiste fra le velocità v, e V pel massimo effetto. La velocità della corrente era dovuta ad un' altezza di metri 2,484; sarà dunque V = metri 6,9807. Nelle prime 11 sperienze instituite con una ruota corredata di 60 palmette, si ottenne il massimo effetto allorchè la ruota compiè un giro e $\frac{13}{36}$ ne' suindicati 8''. Il raggio della ruota corrispondente al centro di resistenza, era di metri 1,74; e la sua circonferenza di metri 10,933. Di qui risulta v = metri 1,8601; e però $v = \frac{4}{15}$ V circa (*). Lo stesso risultamento si ottiene all' incirca, dalle altre sperienze fatte colla ruota munita di sole 30 palmette. L' equazione $p = \frac{V - v}{v}$ del n.° 11, ci da $p = 2,75$; dunque l' impulso della corrente contro la ruota, crescerebbe in una proporzione maggiore del quadrato della velocità relativa. Nè dee recar meraviglia cotesto risultamento delle sperienze del Christian; imperocchè non potendo la ruota acquistare un movimento equabile, l' urto della corrente non era ancora diminuito di quanto importavano le resistenze della macchina, e perciò si mantenne in una proporzione maggiore di quella risultante dal quadrato della velocità. Concludiamo adunque, che sarebbe fatica gettata, il fermarsi ulteriormente su queste sperienze.

16. Lo Smeaton instituì le sue sperienze col seguente apparecchio.

Una ruota munita di 24 palmette, riceveva l' urto di una corrente alimentata da un serbatoio rettangolare, nel quale mantenevasi costante l' altezza del livello dell' acqua mercè di una tromba di cui conoscevasi esattamente il prodotto. Per mezzo di una cateratta s' ampliava o si diminuiva l' ampiezza di un' apertura verticale e rettangola, praticata nel fondo del serbatoio, onde lasciar correre alla ruota maggior o minor copia d' acqua. Il canale o doccia entro cui girava la ruota, era orizzontale; e le ale della medesima appena potevano muoversi liberamente.

(*) Non so come il Christian, alla pag. 361 dell' opera citata, considerando la velocità della ruota corrispondente all' esterna circonferenza, trovi che $v : V :: 1 : 2,2$, per cui risulta $v = \frac{5}{11}$ V. In questo caso, giusta i miei calcoli, si ha $v : V :: 1 : 3,55$; o sia $v = \frac{2}{7}$ V circa. Nè quest' errore può dirsi dipendere dal precedente; imperocchè la velocità della ruota allorquando il suo diametro totale fosse di metri 3,32, sarebbe = metri 1,7746, e risulterebbe $v : V :: 1 : 3,93$; o sia $v = \frac{1}{4}$ V presso a poco.

La circonferenza di questa ruota era di 75 pollici inglesi = metri 1,905; ed il suo diametro, di circa piedi due = metri 0,6096. L'albero, sul quale avviluppavasi la fune traente il peso da sollevare, aveva 9 pollici = metri 0,2286 di circonferenza; e quindi un diametro di poll. 2,86 = metri 0,0726. Ad ogni rivoluzione della ruota il peso veniva sollevato di soli poll. $4\frac{1}{2}$ = metri 0,1143, atteso che era affidato ad una troclea mobile, avente una doppia fune. La velocità della corrente misuravasi dalla ruota stessa col mezzo di un contrappeso, col quale ottenevasi che tante rivoluzioni compiesse la ruota in un dato tempo, per la sola azione del contrappeso, quanto ne effettuava nello stesso tempo, per l'azione simultanea del contrappeso e della corrente; dunque se la corrente non alterava punto il moto della ruota, era segno che la velocità di questa trovavasi identicamente eguale a quella della corrente.

Molte sperienze ha instituite lo Smeaton con questo apparecchio, variandone la velocità della corrente; l'altezza dell'acqua nel serbatoio; e la quantità dell'errogazione. Ventisette ne ha registrate in una tavola, nelle quali la ruota agiva mai sempre col massimo effetto. Ci piace di riportar per intero cotesta tavola, non solo per confrontarne i risultamenti colla teoria del Navier, ma eziandio per purgarla da quegli errori cui sembrano sfuggiti nell'opera del Christian, nella quale trovasi riportata. (*) Cotesta tavola è la seguente.

(*) *Opera citata*, Tom. I. pag. 322.

TAVOLA

Delle sperienze dello Smeaton sulle ruote verticali.

1.ª	2.ª	3.ª		4.ª	5.ª		6.ª	7.ª	8.ª	9.ª	10.ª	11.ª
Numero progressivo	Altezza dell'acqua nel serbatoio	Numero delle rivoluzioni della ruota non carica, e velocità V della corrente che gli corrisponde		Altezza dovuta alla velocità della corrente $=H$ (*)	Numero delle rivoluzioni della ruota, corrispondente al massimo effetto; e velocità v, che ne deriva		Altezza a cui viene sollevato il peso P, $=H'$	Peso corrispondente al massimo effetto $=P$	Quantità d'acqua erogata in un secondo, $=\mu g$.	Potenza meccanica, $=\mu g H$	Effetto meccanico, $=P H'$	Effetto meccanico dedotto dalla formola del n°. 13
	poll.	*rivol.*	*pollici*	*pollici*	*rivol.*	*pollici*	*pollici*	*libbre*	*libbre*			
1	33	88	V=110	15,66	30	$v=$ 37,5	135	10,5625	275	4306,5	1426	1935,5
2	30	86	107,5	14,96	30	37,5	135	9,375	264,75	3960,66	1266	1799
3	27	82	102,5	13,60	28	35	126	8,375	243	3304,8	1055	1486
4	24	78	97,5	12,305	27,7	34,625	124,65	7,3125	235	2891,7	911,5	1324
5	21	75	93,75	11,38	25,9	32,375	116,55	6,3125	214	2435	735,7	1100,8
6	18	70	87,5	9,91	23,5	29,375	105,75	5,3125	199	1972	561,8	879,7
7	15	65	81,25	8,54	23,4	29,25	105,30	4,25	178,5	1524	447,5	702,9
8	12	60	75	7,28	22	27,5	99	3,3125	161	1172	328	544,4
9	9	52	65	5,47	19	23,75	85,5	2,5	134	733	213,7	340
10	6	42	52,5	3,568	16	20	72	1,625	114	407	117	192
11	24	84	105	14,27	30,75	38,4375	138,375	10,875	342	4880	1505	2265
12	21	81	101,25	13,27	29	36,25	130,5	9,375	297	3941	1223	1811,7
13	18	72	90	10,48	26	32,5	117,	8,4375	285	2986,8	987	1379
14	15	69	86,25	9,63	25	31,25	112,5	6,875	277	2667,5	773	1232
15	12	63	78,75	8,03	25	31,25	112,5	4,875	234	1879	548	899,5
16	9	56	70	6,34	23	28,75	103,5	3,8125	201	1274	394,6	616,7
17	6	46	57,5	4,28	21	26,25	94,5	2,25	167,5	716,9	212,6	356
18	15	72	90	10,48	29	36,25	130,5	9,375	357	3741,4	1223	1802
19	12	66	82,5	8,81	26,75	33,4375	120,375	7,375	330	2907	888	1401
20	9	58	72,5	6,80	24,5	30,625	110,25	5,000	255	1734	551	846
21	6	48	60	4,66	23,5	29,375	105,75	3,000	228	1062	317	531
22	12	68	85	9,35	27	33,75	121,5	8,375	359	3356,65	1017,6	1608,6
23	9	58	72,5	6,80	26,25	32,8125	118,125	5,8125	332	2257,6	686,6	1111
24	6	48	60	4,66	24,5	30,625	110,25	3,5	262	1221	385,9	610
25	9	60	75	7,28	27,3	34,125	122,85	6,375	355	2584,4	783	1281,9
26	6	50	62,5	5,06	24,6	30,75	110,7	4,0625	307	1553	450	776
27	6	50	62,5	5,06	26	32,5	117	4,5625	360	1821,6	534	908,7
									Medio	2344,09	723,76	1101,49

(*) Nel calcolo di queste altezze, ho preso il valore di g appartenente alla latitudine di Londra, il quale corrisponde a m. 9,8111606; o siano pollici inglesi 386,2668 (V. la mia Memoria sulla misura delle acque correnti per le bocche di derivazione ec., registrata nel Tomo secondo della presente Raccolta, pag. 521.).

17. Risulta da queste sperienze, che preso un medio fra i ventisette risultamenti ottenuti, l'effetto meccanico effettivo sta al teorico, come 72376 : 110149. Dunque il coefficiente col quale debbesi moltiplicare la formola che determina l'impulso della corrente contro la ruota, sarà $\frac{72376}{110149} = 0{,}657$. Il Navier lo calcola $= 2/3$, e in ciò il divario è piccolissimo; ma quando vuol egli rendere la sua formola atta a paragonarsi colle sperienze del Bossut, cotesto coefficiente non regge alla prova, e risulta maggiore di $2/3$. Infatti, per ridurre la formola $F v = \mu (V - v) v$ del n.° 13, atta a paragonarsi coi risultamenti delle sperienze del Bossut, osserva il Navier che quest' autore nelle sue sperienze, si da cura solamente di determinare la velocità della corrente, e l'area della porzione di palmetta immersa nell' acqua; o ciò che è lo stesso l'area della vena fluida nel luogo in cui essa incontra la ruota. Ciò posto è evidente, che se in cotesto luogo le palmette intercettano interamente il passaggio alla corrente, l'acqua avrà una velocità precisamente eguale a quella della ruota. Dunque se si chiama W l'area della porzione di palmetta immersa nella corrente, e v la velocità della ruota, sarà $W v$ il volume d'acqua erogata in un secondo; e perciò si avrà $1000 W v = \mu g$; onde $\mu = \frac{1000}{g} W v$. Sostituito questo valore di μ nella formola precedente, risulta

$$F v = q . \frac{1000}{g} W v^2 (V - v),$$

ove q è quel coefficiente che il Navier pone $= 2/3$. Di qui risulta

$$(e) \ldots\ldots q . \frac{1000}{g} W (V - v) v = \frac{b}{a} P,$$

che è l'equazione del moto equabile della ruota.

18. Ora, nelle sperienze del Bossut, fu adoperata una ruota del diametro totale di 3 piedi = me. 0,97452, munita di 48 palmette, ed esposta al corso di una doccia sì angusta, che appena vi restava tutt'all' intorno della palmetta mezza linea (me. 0,001) di vano, per lo sfogo dell'acqua. La velocità superficiale della corrente, corrispondeva a piedi 300 in 27″, o sia era di me. 3,6093; dunque la velocità media calcolata colla formola del Prony, $V = v' . \frac{v' + 2.372}{v' + 3{,}153}$ (1) risulta =

(1) *Rech. sur la theor. des eaux courantes.*, §. 194.

me. 3,1925. Le ale pescavano in acqua per un' altezza di 13 linee = me. 0,0293, e perciò il raggio della ruota corrispondente al centro di resistenza, era di pie. $1:5:5:{}^{1}/_{2}$ = me. 0,4726 (*). Il diametro dell' albero di questa ruota era di due pollici e mezzo, e quello della corda era di due linee; dunque il raggio dell' albero, compresavi la grossezza della fune, era di 16 linee = me. 0,0361. Di qui risultano le seguenti denominazioni.

$$V = 3{,}1925;\ a = 0{,}4726,\ b = 0{,}0361;\ \frac{b}{a} = 0{,}0764.$$

Anche in queste sperienze, osservava il Bossut qual numero di rivoluzioni compieva la ruota in 40″, e ne deduceva la velocità; chiamato n questo numero, sarà $v = \frac{2\pi a n}{40} = 0{,}074236\,n$.

Dodici sperienze fece il Bossut con questa ruota, dalla quale ottenne il massimo effetto, allorchè fece 20 rivoluzioni e ${}^{7}/_{16}$, nel tempo suindicato. Era dunque pel massimo effetto v = me. 1,5172: ma $V = 3{,}1925$; dunque $v = 0{,}476\,V$, cioè la velocità della ruota è poco meno della metà di quella della corrente. E in ciò la teoria del Navier verrebbe confermata da questa sperienza del Bossut; sebbene si trovi di poi contradetta da quelle dello Smeaton, siccome vedremo tra poco.

19. Applicando l'equazione (*e*) del n.° precedente, alle 12 sperienze del Bossut, viene essa abbastantemente soddisfatta ponendo $q = {}^{6}/_{5}$. Dunque il valore $q = 0{,}657$ ricavato dalle sperienze dello Smeaton, e così l' altro $q = {}^{2}/_{3}$ adoperato dal Navier, non soddisfano affatto le sperienze del Bossut, e perciò rimane sempre incerta si fatta teoria. Il Navier poco persuaso di ciò, si contenta di dire, che paragonata la formola $F = {}^{2}/_{3} \cdot \frac{1000}{g} W (V - v) v$ colle sperienze del Bossut, sembra dare uno sforzo maggiore dell'osservato; e siccome queste sperienze furono fatte in piccolo, nè fu stimata in modo preciso la velocità della corrente, così questa, per lui, leggera discordanza non può far dubitare degli ottenuti risultamenti, mentre varrà piuttosto a confermarli.

(*) Non so come il Bossut possa dire (§. 1038 dell'opera citata), che questo raggio è di soli 17 pollici. Bisognerebbe che la ruota pescasse per un altezza di due pollici, lo che è impossibile, mentre l'acqua del canale, di cui si servì in queste sperienze, nel punto in cui era collocata la ruota si elevava sopra il fondo del medesimo, di circa 13 in 14 linee (§. 1031).

È falso che i risultamenti ottenuti da questa formola siano maggiori degli osservati; se ciò fosse, il valore del coefficente q dovrebbe risultare minore $^2/_3$, e in vece si trova maggiore. Siccome poi coteste sperienze furono fatte per determinare il rapporto fra la velocità della ruota e quella della corrente pel massimo effetto, non so se possa ammettersi che quest' ultima velocità venne stimata in modo poco preciso.

Il Guenyveau, appoggiato ai principj del Borda, calcola il valore dello sforzo F colla stessa formola del Navier; se non che il volume d'acqua erogata in un secondo, viene per lui calcolata $= W V$. Posto adunque $\mu = \frac{1000}{g} W V$ nella formola del n.° 13, risulta

$$F v = q . \frac{1000}{g} W V (V - v) v;$$

e però

$$q . \frac{1000}{g} W (V - v) V = \frac{b}{a} P.$$

Applicata questa formola alle sperienze del Bossut, si trova bastantemente soddisfatta ponendo $q = 0{,}6$. Questo risultamento, non molto diverso da quello ottenuto dalle sperienze dello Smeaton, e secondo me, è un' altra prova dell' inesattezza di queste teorie.

20. Torniamo ora alle sperienze dello Smeaton, registrate nella tavola del n.° 16, e cerchiamo di paragonarle alla meglio colle formole della teoria del Venturoli (n. 5 e 14). Fra i dati di queste sperienze mancano le dimensioni delle palmette, e non si dice di quanto pescassero nella corrente. Non si può dunque calcolare nè la velocità della ruota corrispondente al centro di resistenza, nè l' area della palmetta battuta dalla corrente. Tuttavia, volendo pur fare un confronto fra la velocità della ruota e quella della corrente, ci contenteremo di paragonare la velocità della circonferenza esterna. Troveremo per tal modo, che la velocità della ruota era talora $^1/_3$ circa di quella della corrente, e talora la metà: e siccome il primo di cotesti rapporti appartiene alle maggiori velocità, ed il secondo alle maggiori erogazioni; così conchiuderemo collo Smeaton, che il rapporto medio fra la velocità della ruota e quella della corrente, può in generale farsi $= ^2/_5$, e può calcolarsi $v = ^2/_5 V$. L'equazione $p = \frac{V - v}{v}$ del n.° 11, ci dà allora $p = 1{,}5$; e attese le modificazioni che subirebbe questo valore di p, riferendolo al centro di resistenza della ruota, potrà farsi $p = 1{,}33$, siccome lo calcola il Venturoli.

Paragonata poi l' equazione (E′) del n.° 6, corretta come al n.° 11,

colle dodici sperienze del Bossut, si trova essa abbastanza soddisfatta ponendo $m\,A = 0{,}649$.

Il valore del coefficente m non è più quello da noi calcolato per le ruote mosse in un fluido indefinito. Dalle sperienze del Bossut, d'Alembert ec. sulla resistenza de' fluidi, il du Buat ricava la seguente formola (1). Chiamato M il rapporto tra la sezione naturale del canale, e quella dell' ostacolo, ed espressa col numero 10000 la resistenza di un fluido indefinito, quella ne' canali angusti sarà rappresentata da $\frac{84600}{M+2}$. Ora essendo per un fluido indefinito $m = \frac{1000}{2g}$ (n.° 11) si avrà $10000 : \frac{84600}{M+2} :: \frac{1000}{2g} : m$; sarà quindi $m = \frac{4230}{g(M+2)}$. Il canale che servì nelle sperienze del Bossut era largo 61 linee = met. 0,1376; ed alto $13\,{}^1/_2$ = m. 0,0304; dunque l'area della sua sezione era di m. qua. 0,00418: ma l'area della palmetta era di met. qua. 0,00396; sarà dunque $M = \frac{418}{396}$. Calcolando g per la latitudine di Parigi, si trova $m = 141{,}135$. Ma abbiamo trovato $m\,A = 0{,}649$; sarà dunque $A = 0{,}0046$. E però l'area della palmetta fittizia cresce circa di un sesto sopra la vera, laddove nel caso delle ruote mosse da un fluido indefinito, ne era tripla. Eppure ancor qui l'arco sottacqueo essendo di 40.° circa (2), cinque ale ad un tempo pescavano nella corrente. Ciò non dimeno l'urto è minore, lo che vuolsi attribuire dal Professore Venturoli, all'intumescenza dell'acqua contro le palmette, per cui essa non tanto agisce coll' urto quanto pel proprio peso. D'altronde è anche ignoto come dipenda il valore di A dal numero, e dalla immersione delle palmette, e perciò non può dirsi ancora stabilita la vera teoria delle ruote verticali.

Tuttavia dalle cose fin qui esposte, parmi abbastanza provato; essere più consentanea colla sperienza, la misura dell' urto di una corrente angusta, contro le ale di una ruota verticale, mercè l'equazione

$$F = m\,A\,(V - v)^{1{,}33},$$

---

(1) *Princ. d' Hydr.* §§. 579, 580.

(2) Da queste sperienze abbiamo CR = CM = 0,48726 (fig. 1ª), RS = 0,0293; e però CR = 0,45796. Sarà dunque cos. $\varphi = \frac{45796}{48726} = 0{,}939868$: ma cos. 19.° 58′ = 0,6398912; potrà dunque farsi $\varphi = 19.° : 58'$, e sarà l'intero arco MSN di 39.° : 56′ circa.

in cui $m = \frac{4230}{g(M+2)}$; ed $A = 7/6\ W$.

CAP. III.

Delle ruote idrauliche verticali, mosse più dal peso dell'acqua che dall'urto di una corrente.

21. Da che i Geometri si sono avveduti, che nelle ruote idrauliche verticali mosse da una corrente angusta, l'acqua non solo opera coll'urto ma eziandio col proprio peso, hanno pensato che maggior vantaggio trar debbesi da queste ruote, allorchè le palmette non siano dirette al centro ma alcun poco inclinate al loro raggio. E siccome da cotesta inclinazione delle palmette, se per una parte si avvantaggia accrescendo l'azione della potenza col peso dell'acqua, per l'altra si scapita, diminuendosi l'urto della corrente. Dunque, potendo accadere che più si perda nell'urto di quello si acquisti nell'azione del peso, converrà rintracciare colla sperienza quale inclinazione debbe darsi alla palmetta, onde ottenere da questa disposizione il maggior vantaggio possibile.

Pochissime sono le sperienze instituite su questo argomento, e quindi pochissimo si può dir di preciso su questa materia. Coteste sperienze però coincidono nell'assegnare un'inclinazione minore a quelle palmette che più sono immerse nella corrente.

Il Deparcieux sperimentando una corrente la cui velocità era di 13 poll. = met. 0,3519 al minuto secondo, trovò, che quando la ruota pescava per un terzo del suo raggio, l'inclinazione più vantaggiosa fu di 30.°; e quando pescava della metà, cotesta inclinazione fu di 15 gradi (1). Il Bossut sperimentò una corrente la cui velocità era di 300 pie. in 27″, e quindi di met. 3,6093; al 1″ adoperando una ruota munita di 48 palmette trovò che un'inclinazione di 16.° produsse lo stesso effetto che un'inclinazione zero; e che essendo la ruota immersa di 1/6 del suo raggio, l'inclinazione più vantaggiosa fu tra i 10 ed i 20 gradi. Adoperando poscia una ruota corredata di sole 12 palmette e che pescava nella corrente per 1/4 circa del suo raggio, trovò la più vantaggiosa inclinazione compresa fra 15 e 30 gradi (2).

È dunque indubitato che l'inclinare le palmette al raggio, accresce

---

(1) *Académie Royale des Sciences* 1759 pag. 288.
(2) *Opera citata* §§. 1042. . . . . 1047.

l' effetto della ruota: ma non è bene determinata in tutte le circostanze, la quantità di quest' inclinazione. Debbe essa dipendere, e dal grado di velocità della corrente e dal vario numero di palmette onde la ruota è fornita; e finalmente dalla maggior o minor immersione della ruota.

22. Maggior vantaggio ricavasi da coteste ruote verticali, sostituendo alle palmette piane, altre palmette incurvate ad archi di circolo. Ciò è stato proposto recentemente in Francia dal signor Poncelet, Capitano del Genio; il quale in una dotta Memoria inserita nell'opera periodica = *Annales de chimie et de Physique* =, compilata dai signori Gay-Lussac ed Arago, Tom. 30 pag. 136, mostra chiaramente le sue idee, e con apposite sperienze, fa conoscere i vantaggi che da tali palmette possiam riprometterci. Riporteremo la descrizione e figura della ruota, inserita in cotesta Memoria, e ne daremo la teoria riportata del Poncelet, la quale sarà poscia da noi modificata, onde renderla più utilmente paragonabile coi risultamenti della sperienza.

Il Poncelet si propone di perfezionare le ruote verticali mosse da una corrente fluida, col dare tal forma alle palmette delle medesime, che l'acqua entri nella ruota senza esercitare alcuna percossa, e ne sorta senza conservare alcuna sensibile velocità. La figura 2.ª della Tav. 30 rappresenta una di queste ruote. Per ottenere lo scopo prefissoci, il Poncelet assegna alle palmette della ruota una forma cilindrica circolare, la cui cavità stà volta contro la corrente, ed i cui elementi, partendo dal primo, che debbe esser tangente a quello che gli corrisponde nella circonferenza esterna della ruota, saranno sempre meno inclinati al raggio, e formeranno una curva o superficie continua. Così arrivando l'acqua sopra queste palmette, nella direzione della tangente al loro primo elemento, vi si inalzerà contro senza percuoterle, sino ad un' altezza eguale a quella dovuta alla velocità relativa, e discenderà acquistando, in senso contrario al moto della ruota, una velocità eguale alla precedente. Volendo poi che questa velocità dell'acqua al sortire della ruota, sia zero, trova essere necessario che la velocità della ruota sia metà di quella corrente. Questa velocità poi è quella stessa che è necessaria ad ottenere dalla ruota il massimo effetto possibile; ond' è che la condizione richiesta si otterrà sol quando la ruota agisce col massimo effetto.

A me sembra però impossibile l'avantaggiar tanto l'effetto delle ruote verticali, quanto importerebbe il conseguimento della condizione che l'acqua sorta dalla ruota senza alcuna velocità: imperocchè allora l'azione della corrente sarebbe trasmessa interamente alla ruota, nè vi sarebbe perdita di forza viva onde vincere l'inerzia, e tutte le altre forze passive inerenti alla natnra di qualsivoglia macchina. L'esperienza

conferma cotesta mia opinione, ma nel tempo stesso mostra il vantaggio grandissimo che si ottiene, costruendo le palmette nel modo poc'anzi indicato.

23. Ecco pertanto la teoria delle ruote verticali a palmette curve quale la espone il loro inventore.

Sia V la velocità colla quale la corrente entra nella ruota, ed H l'altezza dovuta a questa velocità; sia μ la massa d'acqua erogata in un secondo, e v la velocità che debbe avere la ruota onde ottenere il massimo vantaggio possibile; sarà $V - v$ la velocità relativa colla quale l'acqua s'inalzerà lungo ciascuna palmetta, e questa verrà di nuovo acquistata discendendo, cosicchè al sortire della ruota la velocità della corrente sarà $= (V - v) - v = V - 2v$: questa velocità dovendo esser nulla, si avrà $v = {}^1/_2 V$. Dunque la ruota dovrà girare con una velocità metà di quella della corrente, a volere che l'acqua sorta dalla ruota, spenta affatto la sua velocità.

Sia ora F lo sforzo costante esercitato dalla corrente contro la ruota, possiamo riguardare questa forza siccome un peso sollevato dalla ruota, mediante una fune avvolta ad un albero dello stesso diametro della ruota. È chiaro che $\mu g H$ sarà l'effetto della corrente, trasmesso alla ruota nell'unità di tempo, ed Fv sarà l'effetto dello sforzo F, trasmesso alla ruota nello stesso tempo, ma in senso contrario al precedente. Dunque l'effetto utile trasmesso alla ruota, sarà $\mu g H - Fv$. D'altra parte la velocità assoluta che rimane alla corrente dopo di avere agito contro la ruota è $V - v$; dunque la forza viva perduta alla fine del tempo predetto sarà $\mu (V - 2v)^2$. Ora pel teorema del n.° 2, l'effetto trasmesso ad un sistema è uguale alla metà delle forze vive acquistate o perdute dal sistema medesimo; avremo dunque l'equazione $\mu g H - Fv = {}^1/_2 \mu (V - 2v)^2$, da cui si ricava $Fv = \mu g H - {}^1/_2 \mu (V - 2v)^2$; e siccome $V^2 = 2gH$, così sarà anche

$$Fv = 2\mu (V - v) v.$$

È facile conoscere, per mezzo della differenziazione, che questo effetto diviene massimo allorchè $v = {}^1/_2 V$. Il valore poi di questo massimo effetto sarà $Fv = {}^1/_2 \mu V^2 = \mu g H$, cioè tutto intero l'effetto della corrente.

Chiamato pertanto E il volume d'acqua erogata in 1″, sarà $\mu g = 1000 E$, e però $\mu = \frac{1000 E}{g}$. Di qui risulta $Fv = 2 . \frac{1000}{g} . E (V - v) v$. Nella latitudine di Parigi sarà

$$F\nu = 203{,}8986\,E(V-\nu)\nu;$$

e quindi

$$F = 203{,}8986\,E(V-\nu).$$

24. Confrontata questa teoria coi risultamenti della sperienza, trova il Poncelet, che in quanto all' effetto massimo della ruota, si ottiene appunto allorchè la velocità della medesima è circa la metà di quella della corrente: ma in quanto al valore di questo effetto, esso non è che circa $^7/_{10}$ di quello dovuto all' altezza H. Ciò appunto deriva dall' avere fondata la teoria precedente sopra ipotesi, che non possono interamente verificarsi. Di ciò persuaso il Poncelet, si pone a calcolare la perdita di forza viva che succede nella percossa, e la trova minore di $0{,}05\ \mu V^2$, e quindi nella pratica trascurabile. Il perchè io credo che sì fatta teoria voglia essere rettificata nel modo seguente.

25 La teoria del n.° 23 suppone, che tanto la direzione della corrente quanto quella de' primi elementi delle palmette, sia tangente alla circonferenza della ruota: vediamo quali formole risulterebbero, se coteste condizioni non fossero adempiute.

Sia FBC (fig. 3) la direzione della corrente, BD la tangente della ruota, e BE quella della palmetta corrispondente al punto B. Poniamo $EBD = \alpha$, $CBD = \beta$. La corrente investe la ruota colla velocità, V, e questa si sottrae all'azione di quella, colla velocità ν. Rappresentiamo con $BV = V$ la velocità della corrente, e con $B\nu = \nu$ quella della ruota; è chiaro che la velocità colla quale la corrente entra nella ruota sarà $BV' = V' = [\sqrt{V^2 + 2V\nu\cos.FBD + \nu^2}]$: ma $FBD = 180° - \beta$; dunque $\cos.FBD = -\cos.\beta$, e però

$$V' = \sqrt{[V^2 - 2V\nu\cos.\beta + \nu^2]}.$$

Con questa velocità la corrente s' inalza contro la palmetta fino all' altezza verticale $\frac{V^2 - 2V\nu\cos.\beta + \nu^2}{2g}$, e poscia discende ricuperando la perduta velocità V', nella direzione EB del primo elemento della palmetta. Rappresentiamo con Bu cotesta velocità acquistata; è chiaro che l' acqua nel sortire dalla ruota sarà animata dalla velocità $BV'' = V''$, composta delle due velocità V', ν. Ora questa velocità è data dall' equazione $V'' = \sqrt{[V'^2 + 2V'\nu\cos.NBD + \nu^2]}$; e poichè $NBD = 180° - \alpha$, così sarà $\cos.NBD = -\cos.\alpha$, e quindi

$$V'' = \sqrt{[V'^2 - 2V'\nu\cos.\alpha + \nu^2]}.$$

26. Supponiamo ora che la corrente incontri la ruota tangenzialmente, si avrà $\beta = 0$, e $V' = V - v$; dunque la velocità colla quale la corrente abbandona la ruota sarà $V'' = \sqrt{[(V-v)^2 - 2(V-v)v\cos.\alpha + v^2]}$, la quale sarà zero, allorchè sia $(V-v)^2 + v^2 = 2(V-v)v\cos.\alpha$. Quest'equazione si riduce sotto questa forma

$$v^2 - Vv + \frac{V^2}{2(1+\cos.\alpha)} = 0,$$

che ne dà $v = {}^1/_2 V \pm \sqrt{\left(\frac{V^2}{4} - \frac{V^2}{2(1+\cos.\alpha)}\right)}$; o sia

$$v = {}^1/_2 V\left(1 \pm \frac{\sin.\alpha}{1+\cos.\alpha}\sqrt{-1}\right),$$

quantità immaginaria. È dunque impossibile che l'acqua sorta dalla ruota con velocità zero: che se si supponesse $\alpha = 0$, risulterebbe $v = {}^1/_2 V$, e saremmo ricondotti al caso considerato dal Poncelet. Dunque perchè la corrente estingua tutta intera la sua velocità contro le ale della ruota, è necessario che i primi elementi di ciascuna palmetta, siano tangenti alla ruota. Ma questa condizione che è quella su cui è fondata la teoria del Poncelet, non possiamo a gran pezza conseguire; dunque sì fatta teoria non potrà reggere al confronto della sperienza se non rendasi soggetta a qualche modificazione.

27. Volendo pure mettere a calcolo l'elemento α, ecco a quale risultamento siamo condotti dallo stesso principio delle forze vive, adoperato dal Poncelet. L'equazione del n.° 23, diverrà

$$\mu g H - F v = {}^1/_2 \mu V''^2,$$

da cui si ricava $F v = \mu g H - {}^1/_2 \mu V^2 + \mu V v.(1+\cos.\alpha) - \mu v^2(1+\cos.\alpha)$; o sia

$$F v = \mu(1+\cos.\alpha)(V-v)v.$$

Qui pure è $v = {}^1/_2 V$ pel massimo effetto; ma questo massimo diviene

$$F v = {}^1/_2(1+\cos.\alpha)\mu g H,$$

alquanto minore di quello dovuto alla caduta dell'acqua. E posto $\mu g = 1000 E$, risulterà

$$F v = \frac{1000}{g} (1 + \cos.\ \alpha)\, E (V - v) v;$$

e però

$$F = 101{,}9493\, (1 + \cos.\ \alpha)\, E (V - v).$$

28. Passiamo ora alle sperienze. La ruota adoperata dal Poncelet aveva un diametro di metri 0,50; le palmette cilindriche erano di legno, e della grossezza di due o tre millimetri. Coteste palmette erano incastrate fra due anelli circolari, che circondavano tutta la ruota. L'altezza verticale delle palmette era di met. 0,062; e la sua larghezza, eguale a quella del canale che somministrava acqua alla ruota, era di met. 0,076. Ecco il modo col quale alimentavasi cotesto canale.

Una cassa larga circa 80 centimetri e profonda 30, riceveva l'acqua di un piccol ruscello, che essa chiudeva interamente. Una delle pareti O B di questa cassa era inclinata verso la ruota, siccome lo mostra la fig. 2.ª; e nella sua parte inferiore era praticato un foro B R; largo quanto il canale, ed alto met. 0,037 circa, perpendicolarmente al fondo del medesimo. Questo canale aveva una pendenza di $^1/_{10}$, la quale si prolungava nell' interno della cassa, per una distanza di 10 centimetri. Il foro della cassa era munito di una cateratta, colla quale potevasi accrescere o diminuire la quantità dell' erogazione.

Molte sperienze furono fatte dal Poncelet con questo apparecchio nelle quali l'altezza del foro fu variata da uno fino a tre centimetri. Per ottenere che la larghezza del canale si mantenesse eguale a quella delle palmette, fu praticato uno scavo circolare nelle pareti di esso canale, capace di contenere gli anelli circolari fra quali sono incastrate le palmette, e più lo spazio necessario al libero movimento della ruota. La larghezza pertanto della ruota, compresi gli anelli anzidetti, era di met. 0,103; e la larghezza del canale, nel luogo della ruota, era met. 0,111; dunque la ruota trovavasi discosta dalle pareti del canale, di quattro millimetri per ciascun lato. La distanza della circonferenza esterna della ruota, dal fondo del canale, era di due millimetri.

Per calcolare l'effetto della ruota, veniva essa destinata a sollevare un dato peso, mercè di una fune attaccata al suo albero, ed accavallata ad una troclea. Fu osservato, che per ciascun giro della ruota, veniva sviluppata una lunghezza di met. 0,2188 di questa fune.

29. Riporteremo per intero i risultamenti di tutte le sperienze nelle quali si ottenne il massimo effetto, e ciò non solo per confrontare coi medesimi i risultamenti teorici, ma eziandio per correggere alcuni errori di calcolo numerico, che s'incontrano nelle tavole riportate dal Poncelet. Infatti all' art. 23 della sua memoria, dice egli che la circonferenza

della ruota è circa met. 1,59 mentre io la trovo di met. 1,5708. Ognuno sa che il rapporto più esatto del diametro alla circonferenza è $\pi = 3,1415926$; e volendo tener conto di soli quattro decimali $\pi = 3,1416$: ma il diametro della nostra ruota è met. 0,50 $= 1/2$; dunque la sua circonferenza sarà di met. 1,5708. Da quest' errore ne discende, che le velocità della ruota, calcolate del Poncelet, sono tutte quante sbagliate. Per togliere questi ed altri errori ne' calcoli delle suindicate sperienze, ecco come ho io calcolata la tavola seguente.

Ai numeri della 3.ª colonna riportati dal Poncelet, ho sostituita la profondità del centro della luce della cateratta. I numeri della colonna 4.ª si ottengono nel modo insegnato dal Poncelet all' art. 52 della sua memoria, e cioè, moltiplicando per 0,729 i numeri della colonna antecedente appartenenti alle tre prime sperienze; per 0,862 quelli che appartengono alle cinque sperienze che seguono; e per 0,86 quelli delle cinque ultime. La velocità della corrente è calcolata colla solita formola $V = \sqrt{2gH}$, in cui g, per la latitudine di Parigi, è $= 9^m,8087952$; si ha quindi $V = 4,429175\sqrt{H}$, e posto per H i valori della colonna 4.ª risultano quelli della 5.ª. I numeri delle colonne 6.ª, 7.ª, e 8.ª sono presi fedelmente dall' autore, nè potevano soggettarsi ad alcuna verificazione. I numeri della colonna 9.ª si ottengono moltiplicando il numero 1,5708 per quelli della colonna 8.ª. La colonna 10.ª è calcolata dietro la formola $\mu g H$, prendendo per μg i valori dati dalla colonna 6.ª, e per H quelli della 4.ª. La colonna 11.ª è tolta fedelmente dall' autore. La 12.ª risulta dividendo i numeri della colonna 9.ª per quelli della 5.ª. E finalmente i numeri della colonna 13.ª si ottengono dividendo quelli dell' 11.ª per quelli della sua antecedente.

In questa tavola ho io riunito quanto è contenuto nelle tavole riportate dall'Autore agli art. 30 e 52; e dal confronto di questa con quelle, ognuno conoscerà gli errori di che si parla. A conforto del Poncelet debbo dire, che ad onta di questi errori numerici le conseguenze che si deducono dalle sue sperienze non vengono sensibilmente alterate; e ciò perchè tali errori non sono di molto rilievo. Però, volendo dedurre dalle osservazioni, quali modificazioni è mestieri introdurre nelle formole teoriche, onde rendere i risultamenti di queste utili alla pratica; è bene scansare anche i piccoli errori, poichè da questi ancora risultano talvolta fallaci conseguenze.

TAVOLA

De' risultamenti ottenuti nelle sperienze fatte sulla ruota, sotto diverse altezze d' acqua nel serbatoio, e con diverse aperture della cateratta. In queste sperienze si ottenne sempre il massimo effetto.

1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª	6.ª	7.ª	8.ª	9.ª	10.ª	11.ª	12.ª
Numero delle sperienze	Altezza dell' apertura nella cateratta	Altezza d' acqua sopra il centro dell' apertura della cateratta	Altezza dovuta alla velocità dell' acqua.	Velocità della corrente = V	Erogazione effettiva al 1″, espressa in chil.	Rapporto fra l' erogazione effettiva e la teorica	Numero de' giri della ruota al 1″	Velocità della circonferenza esterna	Effetto dell' acqua all' entrare nella ruota	Effetto della ruota	Rapporto fra la velocità della ruota e quella della corrente	Rapporto fra l' effetto della ruota, a quello dell' acqua
	metri	*metri*	*metri*	*metri*				*metri*	*ch.* × *m.*	*ch.* × *m.*		
1		0,125	0,0911	1,3363	0,9412	0,791	0,4274	0,6714	0,0857	0,0553	0,5024	0,6453
2	0,01	0,175	0,1276	1,5821	1,1219	0,797	0,5814	0,9133	0,1430	0,0903	0,5772	0,6315
3		0,229	0,1669	1,8098	1,2778	0,793	0,6849	1,0758	0,2133	0,1351	0,5944	0,6334
4		0,090	0,0776	1,2340	1,6211	0,803	0,4000	0,6283	0,1258	0,0952	0,5091	0,7568
5		0,120	0,1034	1,4240	1,9068	0,802	0,4525	0,7108	0,1972	0,1389	0,4992	0,7044
6	0,02	0,140	0,1207	1,5387	1,9785	0,785	0,4630	0,7273	0,2392	0,1609	0,4727	0,6727
7		0,174	0,1500	1,7154	2,3439	0,793	0,5495	0,8631	0,3516	0,2284	0,5031	0,6496
8		0,224	0,1931	1,9462	2,6474	0,790	0,7143	1,1220	0,5112	0,3133	0,5765	0,6129
9		0,085	0,0731	1,1976	2,4052	0,813	0,3937	0,6184	0,1758	0,1341	0,5164	0,7627
10		0,115	0,0989	1,3930	2,8527	0,833	0,4464	0,7012	0,2821	0,2140	0,5036	0,7586
11	0,03	0,135	0,1161	1,5090	2,9677	0,801	0,4764	0,7480	0,3445	0,2559	0,4957	0,7428
12		0,165	0,1419	1,6685	3,4500	0,841	0,5952	0,9349	0,4896	0,3599	0,5603	0,7351
13		0,219	0,1883	1,9218	3,8942	0,824	0,6667	1,0472	0,7333	0,5282	0,5449	0,7203

30. Prendendo un medio fra questi risultamenti della sperienza, rilevasi che la velocità della ruota pel massimo effetto, è poco maggiore della metà di quella della corrente, e quindi è poco maggiore di quella data dalla teoria. Ma se si riflette che la teoria considera, non la velocità della circonferenza esterna, ma quella corrispondente al centro di resistenza, che è sempre minore della precedente; possiamo lusingarci di ottenere da queste ultime velocità, risultamenti più conformi a quelli della sperienza. Per verificare cotesta induzione, ecco come ho io tentato di conoscere per ciascuna serie d'esperienze, il raggio della ruota corrispondente al centro di resistenza. Chiamato E il volume d'acqua erogata in un secondo, V la velocità della corrente, a' l'altezza dell'acqua nel canale, ed l la larghezza costante del medesimo; sarà $E = a' l V$, onde $a' = \frac{E}{l V}$. Per tutte le supposte sperienze abbiamo $l = 0^m,076$; dunque sostituiti per V, ed E i valori dati dalle colonne 5.ª e 6.ª, si avrà prossimamente l'altezza d'acqua nel canale presso la ruota; diminuita quest'altezza di due millimetri, distanza fra la periferia della ruota ed il fondo del canale, si avrà l'altezza verticale delle palmette bagnata dalla corrente: alla metà di quest'altezza trovasi, a un di presso, il centro di resistenza; dunque dettraendo questa quantità da metri 0,25 raggio della ruota; si avrà il raggio corrispondente al centro di resistenza, con un'approssimazione assai soddisfacente. Calcolato questo raggio per tutte le 13 sperienze della tavola precedente, trovo 1°. che allorquando la cateratta è alzata di un centimetro questo raggio sarà di metri 0,24636, e la periferia corrispondente di metri 1,54793; 2.° quando la cateratta è alzata per due centimetri, cotesto raggio è di m. 0,24223, e la circonferenza che vi corrisponde m. 1,52198; 3.° finalmente, quando la cateratta è alta 3 centimetri, il raggio corrispondente al centro di resistenza è met. 0,23769, e la sua circonferenza metri 1,49345. Calcolate con questi raggi le velocità della ruota, si trova, che il rapporto medio fra la velocità di questa, e quella della corrente è = 0,5094; dunque la velocità della ruota è circa la metà di quella della corrente, siccome risulta dalla teoria.

31. Osservando poi l'ultima colonna della tavola precedente, si rileva, che il rapporto fra l'effetto della ruota e quello della corrente non è mai inferiore a 0,6 mentre talvolta s'inalza fino a 0,75. Preso un medio fra i risultamenti delle sperienze dello Smeaton, riferita al n°. 16; si ha che il rapporto anzidetto, per le ruote a palmette piane, è = $\frac{72376}{234409}$ = 0,3088; dunque la ruota a palmette cilindriche produce un effetto compreso fra due volte, e due volte e mezzo quello delle

ruote a palmette piane. Paragonando questo rapporto medio dedotto dalle sperienze dello Smeaton, con quello risulta dalla tavola del n.° 29, risulta che l'effetto delle ruote a palmette cilindriche, è due volte ed un quarto circa, quello delle ruote a palmette piane. È dunque manifesto il vantaggio delle ruote a palmette cilindriche.

Dalle sperienze del Poncelet risulta ancora, che per una stessa luce nella cateratta, l'effetto della ruota diminuisce alcun poco col crescere il carico d'acqua nel serbatoio, o sia col crescere la velocità della corrente. La causa di queste differenze, viene attribuita dal Poncelet alla perdita di forza che fa l'acqua contro le palmette, la quale debbe crescere colla sua velocità: ma siccome questa perdita debbe nello stesso tempo diminuire a misura che aumenta la massa d'acqua erogata; così egli crede che una ruota in grande porgerà gli stessi vantaggi che una ruota di piccole dimensioni, e si potrà nella pratica calcolare l'effetto della ruota coi seguenti coefficenti. Nel caso di una piccola caduta e di una forte erogazione, come sarebbe per tutte le cadute al dissotto di 2. metri, e per le luci nelle quali la cateratta sia alzata da 15 a 25 centimetri, il rapporto fra l'effetto della ruota e quello della corrente può farsi = 0,75. Nel caso contrario, di una grande caduta cioè, e di una piccola luce, questo rapporto può farsi = 0,65. Anzi volendo tener conto della perdita d'acqua cagionata dagli interstizi che passano fra la ruota e le pareti del canale, si potrà prendere il numero 0,80 per le piccole velocità, ed il rapporto 0,70 per le grandi.

32. E per vero dire risulta da una osservazione fatta sopra un mulino, la cui ruota era costruita dietro i principj del Poncelet, che essendo l'altezza dell'acqua sopra la soglia della cateratta di met. 0,84; ed avendo la luce della medesima un'altezza di met. 0,135, il rapporto fra l'effetto della ruota e quello della corrente risulta = 0,731. Ecco per intero il calcolo di cotesta osservazione riportato dal Poncelet, ed inserito nell'opera citata Tom. 30. pag. 388.

Emerge dai dati precedenti, che la profondità del centro della luce della cateratta sotto la superficie di livello era di met. 0,7725; la velocità dell'acqua corrispondente a quest'altezza sarà = met. 3,8928. La larghezza della luce della cateratta era di met. 0,35; dunque la quantità d'erogazione sarà di metri cubi 0,183935, ma siccome eravi contrazione alla sommità ed ai lati dell'orificio, così cotesta erogazione debbe moltiplicarsi per 0,67, e diviene di metri cubi 0,123236, o siano chilogrammi 122,236. Suppongasi inoltre col Navier [nota (*dn*) §. 3.], che la velocità della corrente presso la ruota, diminuisca nel rapporto 0,89; diverrà quindi V = 0,89 × 3,8928 = metri 3,4646. L'altezza dovuta a questa velocità è di metri 0,6119; dunque l'effetto dell'acqua

presso la ruota sarà = 0,6119 × 123,236 = chil. 75,4081 inalzati ad un metro. Il mulino osservato produceva 31 chil. di farina in un' ora, o sia chil. 0,0086 per secondo: ma giusta l'estimazione del Mongolfier (1), un effetto di 750000 chil. produce la molitura di uno staio di grano, o sia di 117 chil. in un secondo; dunque l'effetto del nostro mulino sarà $\frac{750000}{117} \times 0{,}0086$ = chil. 55,1282 inalzati ad un metro. Adunque, il rapporto fra l'effetto della macchina e quello della potenza è = $\frac{55{,}1282}{75{,}4081} = 0{,}731$.

Cotesto calcolo però, rigorosamente parlando, non è molto esatto. Si suppone col Navier, che quando la contrazione della vena non ha luogo nella soglia dell'orificio, il rapporto fra l'area della sezione della vena, e quella dell' orificio medesimo sia 0,67: risulta invece dalle sperienze del Professore Bidone (2), che questo rapporto è = 0,6389. Dunque l'erogazione precedente sarà di soli chil. 117,516. Inoltre, la velocità della corrente, sempre colla scorta del Navier, si diminuisce nel rapporto 0,89; e ciò supponendo che l' acqua scorra pel canale come per un tubo addizionale, tale essendo considerato dal Navier il moto dell' acqua nelle corsie de' mulini. Qui pure non havvi molta esattezza; imperocchè l'acqua nelle corsie ha libertà di formarsi da se la propria sezione, mentre ne' tubi addizionali viene questa circoscritta dall' area del tubo stesso. Piuttosto potrebbesi dire con maggiore approssimazione, che l' altezza dovuta alla velocità dell' acqua nel canale entro cui scorre, sia eguale alla differenza de'due livelli, o sia = met.0,705; allora l'effetto della corrente risulterebbe = 0,705 × 117,516 = 82,8488. E poichè l'effetto della macchina è = 55,1282; così il rapporto fra questo effetto e quello della potenza, sarebbe = 0,6654. Questo rapporto, più del precedente, s' avvicina al medio della tavola n.° 29, e ne mostra come nella pratica possa farsi = 0,7.

33. Trovandosi d'accordo la sperienza colla teoria, nell' assegnare alla ruota una velocità eguale alla metà di quella della corrente pel massimo effetto; la formola $p = \frac{V - v}{v}$ del n.° 11, ci avvisa che la velocità relativa $V - v$ debb' essere inalzata alla prima potenza: nè qui

(1) *Journal de l' École Polytechnique*, 14. chaier, pag. 290.
(2) *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, T. 27 pag. 83.

ha luogo la teoria adoperata dal Venturoli, giacchè la corrente più opera per pressione che per urto. Se non che la formola $F=203{,}8986\,E\,(V-v)$ riportata al n.° 23, debbe moltiplicarsi pel rapporto medio 0,7; e nella formola da noi ritrovata al n.° 27, debbe farsi $1+\cos.\,\alpha=1{,}4$. Con sì fatte modificazioni la formola colla quale viene calcolato lo sforzo di una corrente contro una ruota verticale a palmette cilindriche, sarà

$$F=142{,}73\,E\,(V-v).$$

Impariamo inoltre dall' equazione $1+\cos.\,\alpha=1{,}4$; che l'angolo d' inclinazione del primo elemento di ciascuna palmetta, colla circonferenza esterna della ruota, avrà per coseno li $^4/_{10}$ del raggio di modo che potrà farsi $\alpha=66°:24':18''$, 6. Bisognerebbe il confronto della sperienza per decidere se questa sia la più vantaggiosa inclinazione della tangente alla palmetta, con quella della circonferenza esterna della ruota, nel punto in cui queste si toccano.

Dalle cose sin qui esposte possiamo conchiudere, che l'invenzione del Poncelet, merita tutta l'attenzione degli Idrometri, e sarebbe desiderabile che la sua ruota venisse sostituita alle ruote verticali a palmette piane, mentre sembra indubitata la prevalenza d'effetto, ed il vantaggio che ne ritrarrebbero gl' idraulici edifizj. Se non che a me sembra, che maggior vantaggio ritrarrebbesi da coteste ruote, costruendo le palmette cilindriche, di tutta lunghezza, vale a dire, che si estendessero dal centro alla periferia; siccome viene da noi praticato colle palmette piane delle nostre ruote.

CAP. IV.

Delle ruote orizzontali.

34. Quando la quantità d'acqua di cui può disporsi sia assai limitata, e nondimeno la sua caduta sia considerevole, gli edifizi idraulici si fanno agire per mezzo di ruote orizzontali, corredate di palmette piane, od incurvate a foggia di una superficie concava qualunque, le quali ricevono movimento dall' azione di una vena acquea che agisce sulla ruota, o coll' urto, o colla semplice pressione. Nella presente teoria considereremo questa doppia forma di palmette, per poscia conoscere quale di queste porga maggiore vantaggio.

Cominciando dalle ruote orizzontali a palmette piane, eccone la teoria quale ci vien data dal Navier alla Nota (dv) dell' opera citata.

Sia MN (fig. 4) il profilo di ciascuna palmetta urtata dalla corrente. Sia in O il centro della loro superficie, e CO l'asse della vena

urtante. Condotta l'orizzontale HO, rappresentiamo con OV la velocità della corrente, e con $O\nu$ quella della ruota. Sia α l'angolo che la vena fluida forma col piano della palmetta, e β quello che essa vena forma coll' orizzonte. Avremo $OV = V$; $O\nu = \nu$; $VON = \alpha$, $VQH = \beta$. Decomposta la velocità OV in due, l'una OQ normale alla palmetta, e l'altra OR nel senso della medesima, avremo $OQ = V \sin. \alpha$; $OR = V \cos. \alpha$. Similmente, decomposta la velocità $O\nu$ in due, l'una Oq normale, e l'altra Or nel senso del piano MN, risulterà $Oq = \nu \sin. (\alpha - \beta)$; $Or = \nu \cos. (\alpha - \beta)$ dunque nell' urto della corrente contro le ale della ruota, viene perduta la velocità $V \sin. \alpha - \nu \sin. (\alpha - \beta)$. Inoltre dopo la percossa l' acqua avrà conservata la componente OR della sua velocità nel senso della palmetta, non meno che la velocità Oq di quest' ultima, diretta nel senso normale alla sua superficie. Queste due velocità essendo fra loro perpendicolari, la loro risultante è $= \sqrt{[V^2 \cos.^2 \alpha + \nu^2 \sin.^2 (\alpha - \beta)]}$; e sarà questa la velocità conservata dal fluido nell' istante in cui cessa d' agire sulla ruota. Ora, essendo μ la massa d' acqua erogata in un secondo, ed H l' altezza dovuta alla velocità V; sarà $\mu g H - F\nu$ l'effetto della corrente impresso alla ruota. D'altronde, la forza viva perduta nella percossa dell' acqua contro le ale della ruota è $= \mu [V \sin. \alpha - \nu \sin. (\alpha - \beta)]^2$; e quella posseduta dalla corrente nell' istante in cui cessa di far parte del sistema è $= \mu [V^2 \cos.^2 \alpha + \nu^2 \sin.^2 (\alpha - \beta)]$. Dunque pel teorema del n.° 2 si avrà l'equazione $\mu g H - F\nu = {}^1/_2 \mu [V \sin. \alpha - \nu \sin. (\alpha - \beta)] + {}^1/_2 \mu [V^2 \cos.^2 \alpha + \nu^2 \sin.^2 (\alpha - \mu)]$, la quale ridotta ci dà

$$F\nu = \mu [V \sin. \alpha - \nu \sin. (\alpha - \beta)] \nu \sin. (\alpha - \beta).$$

e quindi

$$F = \mu [V \sin. \alpha - \nu \sin. (\alpha - \beta)] \sin. (\alpha - \beta).$$

Diviene massimo quest' effetto allorchè $\nu = \frac{V \sin. \alpha}{2 \sin. (\alpha - \beta)}$: sostituito questo valore nella formola precedente, l' effetto massimo sarà $F\nu = {}^1/_4 \mu V^2 \sin.^2 \alpha$. Avendo riguardo alla direzione della vena fluida; l'effetto della ruota sarà massimo, allorchè sia $\alpha = 90.°$, e quindi $\sin. \alpha = 1$. Dunque le ruote orizzontali agiscono col massimo effetto, allorchè la vena fluida urta direttamente, e che la velocità orizzontale da che sono animate è $\nu = \frac{V}{2 \cos. \beta}$. Cotesto massimo effetto sarà poi $F\nu = {}^1/_2 \mu g H$, cioè la metà di quello rappresentato dalla caduta dell' acqua, siccome si ottiene per le ruote verticali che girano ne' canali angusti (n.° 13).

38. Indipendentemente dai principj della conservazione delle forze vive,

si deduce la teoria delle ruote orizzontali a palmette piane nel modo seguente.

Ritenute le denominazioni e la figura del n.° precedente, è manifesto, che la vena fluida urta normalmente il piano della palmetta, colla velocità $V \sin. \alpha - v \sin. (\alpha - \beta)$. Dunque chiamata Ψ la forza di quest'urto; A l'area della sezion della vena; ed m un coefficente costante, sarà

$$\Psi = m A [V \sin. \alpha - v \sin. (\alpha - \beta)]^2.$$

Cotesta forza però agisce nel senso QO normale alla palmetta, mentre la forza F sollecitante la ruota debbe agire nel senso del suo movimento, è cioè secondo l'orizzontale HO. Decomposta adunque la forza Ψ in due, una F orizzontale, e l'altra F' verticale, risulterà

$$F = \Psi \sin. (\alpha - \beta); \qquad F' = \Psi \cos. (\alpha - \beta).$$

Dunque lo sforzo della corrente contro la ruota sarà

$$F = m A [V \sin. \alpha - v \sin. (\alpha - \beta)]^2 \sin. (\alpha - \beta)$$

ed il suo effetto

$$Fv = m A [V \sin. \alpha - v \sin. (\alpha - \beta)]^2 v \sin. (\alpha - \beta)$$

In quanto alla forza verticale

$$F' = m A [V \sin. \alpha - v \sin. (\alpha - \beta)]^2 \cos. (\alpha - \beta)$$

questa viene elisa dalla resistenza dell'appoggio entro cui gira il cardine inferiore della ruota, e se ne avrà ragione nel calcolo degli attriti delle macchine, siccome vedremo a suo luogo.

La velocità della ruota che rende massimo il suo effetto sarà $v = \frac{V \sin. \alpha}{3 \sin. (\alpha - \beta)}$; e l'espressione di questo massimo è $Fv = {}^4/_{27}\, mAV^3 \sin.^3 \alpha$, il quale acquista un valore sempre maggiore col crescere l'angolo α da zero a 90.°; di modo che avrà luogo il massimo effetto della ruota allorchè la vena urta direttamente. Dunque, perchè una vena acquea eserciti il massimo sforzo contro le ale di una ruota orizzontale è necessario disporre ciascuna palmetta con tale obliquità all'orizzonte, che la direzione della vena sia perpendicolare al piano della palmetta; e in ciò siamo d'accordo colla teoria precedente: inoltre, con questa direzione della vena fluida, avrà luogo il massimo effetto della forza F allorchè la velocità della ruota sia $v = \frac{V}{3 \cos. \beta}$; ed il valore di questo effetto

sarà $F\nu = {}^{4}/_{27}\, m\, A\, V^3$.

36. *Scolio*. In questa ipotesi della direzione della vena perpendicolare al piano della palmetta; la misura dell' urto, e la forza verticale F' prendono un' espressione più semplice, imperocchè si ha

$$F = m\,A\,[V - \nu\cos.\beta]^2\cos.\beta; \qquad F' = m\,A\,[V - \nu\cos.\beta]^2\sin.\beta;$$

e quindi

$$F\nu = m\,A[V - \nu\cos.\beta]^2\,\nu\cos.\beta.$$

Rimarrebbe ora a consultare l' esperienza per decidere quale di queste due teorie meriti la preferenza: ma su tali osservazioni nessuno ch' io sappia si è fin qui occupato, e noi resteremmo ancora in quest' incertezza se non fossero alcune ragionevoli considerazioni che si togliessero da ogni perplessità.

37. Il Navier, desideroso che questa specie di ruote venga soggettata ad esperimento, mostra nel tempo stesso di non essere persuaso dell' esattezza de' suoi risultamenti. È verosimile, egli dice, che si verrebbe ad avantaggiare l' azione di queste ruote, rendendo la loro velocità minore di quella somministrata dal calcolo, e curvandone le palmette nella loro parte inferiore affine che l' acqua agisca alcun poco col proprio peso. Malgrado però tutte queste precauzioni, non è presumibile che le ruote di che si tratta agiscano con un effetto maggiore di quello delle ruote mosse ne' canali angusti; e perciò come in quelle così in queste, l' effetto della ruota debb' essere presso a poco li ${}^{2}/_{3}$ del massimo dedotto dalla teoria, e quindi ${}^{1}/_{3}$ dell'effetto rappresentato dalla caduta dell' acqua. Giusta questi principj il valore di F del n.° 34 diverrà

$$F = {}^{2}/_{3}\,\mu\,[V\sin.\alpha - \nu\sin.(\alpha - \beta)]\sin.(\alpha - \beta).$$

Volendo pure consultare la sperienza onde convalidare cotesta sua opinione, si serve il Navier di una sperienza instituita dall' ingegnere Fabre su di un molino a ruota orizzontale, argomentando nel modo seguente.

La vena fluida che agiva contro la ruota del mulino, era inclinata al piano della palmetta con un angolo $\alpha = 84°:25'$: per il massimo effetto questo angolo dovrebb' essere di 90.°, il divario è piccolo, dunque possiamo riguardare siccome adempita cotesta condizione. Quanto alla velocità della ruota, è presumibile che la proporzione dedotta dalla sperienza per le ruote verticali, valga anche per coteste ruote, e perciò nell' equazione $\nu = \dfrac{V\sin.\alpha}{2\sin.(\alpha - \beta)}$, dedotta dalla teoria, potremo

sostituire quest'altra $v = {}^{2}/_{5} \cdot \frac{V \sin. \alpha}{\sin. (\alpha - \beta)}$. Ora nel mulino del Fabre abbiamo V = met. 9,1929; $\alpha - \beta = 69° : 50'$; risulterà quindi v = met. 3,8987. Ma è veramente v = met. 3,5377; la differenza è di met. 0,3610 quantità non molto calcolabile. Conclude pertanto, che questo mulino era disposto in un modo assai conforme alla sua teoria, e che perciò cotesta sperienza viene ad essere una prova degli ottenuti risultamenti.

38. La nostra teoria senza alcuna modificazione, e senza alcuna arbitraria presunzione, si trova abbastanza conforme colla teoria del Navier modificata come qui sopra si è detto, e porge risultamenti meno discordi da quelli della sperienza del Fabre. Infatti, nell'ipotesi dell'urto diretto, la nostra teoria ci dà $F v = {}^{4}/_{27} m A V^3$ (n.° 25). Essendo A l'area della sezione della vena, e rappresentando con E il volume d'acqua erogato in 1″, sarà $AV = E$, e perciò $F v = {}^{4}/_{27} m E V^2$. Il coefficiente m si determina dietro i risultamenti delle sperienze sull'urto di una vena fluida contro una lastra, le quali ci danno, che la misura assoluta di quest'urto equivale al peso di un prisma d'acqua che abbia per base la sezione della vena e per altezza il doppio dell'altezza dovuta alla velocità dell'urto: ne viene quindi $m = \frac{1000}{g}$, e però $F v = {}^{4}/_{27} \cdot \frac{1000 E}{g} \cdot V^2$. Ma $V^2 = 2gH$, e $\frac{1000E}{g}$ rappresenta la massa μ; sarà dunque $F v = {}^{8}/_{27} \mu g H$. Il Navier calcola $F v = {}^{1}/_{3} \mu g H$ (n°. 37), espressione che poco differisce dalla precedente. La velocità del massimo effetto della ruota, è giusta i nostri calcoli $v = \frac{V \sin. \alpha}{3 \sin. (\alpha - \beta)}$; se applicheremo a quest'equazione i dati della sperienza del Fabre troveremo v = met. 3,2489, che differisce dal valor vero v = met. 3,5377 di met. 0,2888 quantità minore della differenza risultante dalla teoria del Navier. Di questa sperienza del Fabre parleremo più a lungo al n°. 65; ma intanto possiamo concludere che la nostra teoria merita d'essere preferita a quella del Navier, per l'esattezza de' suoi risultamenti.

39. Solo ci rimane d'avvertire che il valore di $n v = \frac{1000}{g}$, il quale per avventura è quello che appartiene al calcolo della sperienza del Fabre, non è da adottarsi universalmente, giacchè sappiamo che la misura assoluta dell'urto di una vena fluida contro una lastra, varia col rapporto fra la sezione della vena e l'ampiezza della lastra medesima. Di modo che quando la lastra sopravanza notabilmente la sezione della

vena, la misura assoluta dell'urto è quale l'abbiamo calcolata nel n.° precedente, e perciò sarà $m = \frac{1000}{g}$: ma quando la lastra eguaglia o di pochissimo eccede la sezione della vena, la misura assoluta dell'urto non è più che il peso di un prisma d'acqua della stessa base ed alto $^3/_4$ dell'altezza dovuta alla velocità; in questo caso sarà $m = \frac{375}{g}$ (1).

40. Alle palmette piane di coteste ruote orizzontali, sono dai Francesi sostituite delle palmette curve, alla foggia di quelle che il Poncelet propone per le ruote verticali. La figura quinta rappresenta una di queste ruote orizzontali a palmette curve. L'acqua colla direzione BC entra a percorrere la palmetta nel punto C, e sorte nel punto D colla direzione DE della tangente a questa palmetta. Ecco la teoria di queste ruote, dedotta dai principj della conservazione delle forze vive.

Supposto che la ruota sollevi un peso F mercè di una fune avvolta ad un cilindro dello stesso diametro della ruota; dicasi H la caduta AC della corrente, ed h l'altezza CD della ruota. Sia ϑ l'angolo ACB formato dalla direzione della vena acquea colla verticale; φ l'angolo che la tangente DE al punto più basso della palmetta forma colla stessa verticale. Chiamata al solito μ la massa d'acqua erogata in un secondo; rappresentiamo con $BC = V$ la velocità della corrente, con $CO = v$ quella della ruota: è chiaro che la corrente stessa entrerà a percorrere la palmetta colla direzione F'C, e colla velocità $V' = \sqrt{[V^2 + 2Vv\cos.BCO + v^2]}$: ma $BCO = 90° + \vartheta$; dunque $\cos.BCO = -\sin.\vartheta$, e perciò

$$V'' = \sqrt{[V^2 - 2Vv\sin.\vartheta + v^2]}.$$

Si osservi ora che la corrente scorrendo la palmetta CD, percorre una curva, per cui, prescindendo dalle resistenze, nulla perde di sua velocità; di modo che giunta in D, si troverà animata da una velocità dovuta all'altezza $\frac{V'^2}{2g} + h$, e quindi $= \sqrt{(V'^2 + 2gh)}$. Chiamata adunque V'' cotesta velocità, si avrà

$$V'' = \sqrt{[V^2 - 2Vv\sin.\vartheta + v^2 + 2gh]}.$$

Rappresentiamo con DE la velocità V'', e con Do la velocità v;

(1) V. Venturoli, opera citata, T. II. §. 416.

è chiaro, che la corrente abbandonerà la ruota con una velocità rappresentata in quantità e in direzione dalla retta Df, e fatto $Df = \Omega$, sarà $\Omega = \sqrt{[V''^2 + 2V''v\cos.EDo + v^2]}$: ma $EDo = 90^\circ + \phi$; sarà dunque $\cos.EDo = -\sin.\phi$, e però $\Omega = \sqrt{[V''^2 - 2V''v\sin.\phi + v^2]}$, o sia

$$\Omega = \sqrt{\left\{\begin{array}{c} V^2 - 2Vv\sin.\phi + 2v^2 + 2gh - \\ 2v\sin.\phi\sqrt{[V^2 - 2Vv\sin.\phi + v^2 + 2gh]} \end{array}\right\}}.$$

Osserviamo ora, che essendo $V^2 = 2gH$, sarà $V^2 + 2gh = 2g(H+h)$, onde potrà farsi

$$\Omega = \sqrt{\left\{\begin{array}{c} 2g(H+h) - 2Vv\sin.\vartheta + 2v^2 - \\ 2v\sin.\phi\sqrt{(2g(H+h) - 2Vv\sin.\phi + v^2)} \end{array}\right\}};$$

ed è questa la velocità della corrente, nell' istante in cui abbandona la ruota.

Premesse queste cose è manifesto, che giunto il moto della ruota allo stato di permanenza, sarà $\mu g(H+h) - Fv$, l' effetto della corrente trasmesso alla ruota; e $\mu\Omega^2$ la forza viva acquistata dalla medesima; dunque pel citato teorema n.° 2, risulterà l'equazione $\mu g(H+h) - Fv = {}^1/_2\mu\Omega^2$, o sia

$$\mu g(H+h) - Fv = {}^1/_2\mu\left(\begin{array}{c} 2g(H+h) - 2Vv\sin.\vartheta + 2v^2 - \\ 2v\sin.\phi\sqrt{[2g(H+h) - 2Vv\sin.\vartheta + v^2]} \end{array}\right);$$

fatte le opportune riduzioni, troveremo

$$Fv = \mu[V\sin.\vartheta - v + \sin.\phi\sqrt{(2g(H+h) - 2Vv\sin.\vartheta + v^2)}]v;$$

e quindi

$$F = \mu[V\sin.\vartheta - v + \sin.\phi\sqrt{(2g(H+h) - 2Vv\sin.\vartheta + v^2)}].$$

41 A divenir massimo il valore dell' effetto Fv, dipende dai tre elementi ϕ, v, e ϑ. In quanto, al primo osservo, che il maggior valore che possa avere $\sin.\phi$, è $\sin.\phi = 1$; dunque $\phi = 90.^\circ$. Sarà quindi più vantaggiosa quella ruota le cui palmette curve avranno orizzontale la tangente al punto più basso delle medesime. In quanto al secondo la solita regola del calcolo differenziale ci dà l'equazione

$$[g(H+h) - vV\sin.\vartheta][2g(H+h) - V^2\sin.^2\vartheta] = 0,$$

onde risulta $$v = \frac{g(H+h)}{V \sin. \vartheta}.$$

Pel terzo elemento finalmente è facile conoscere, che la miglior disposizione della corrente è quella per la quale l'acqua entra in C nella palmetta, senza esercitare alcuna percossa: e questa condizione viene adempita alloraquando la F'C, direzione colla quale la corrente entra a percorrere la palmetta, sia tangente alla medesima nel punto C.

Posto pertanto il precedente valore di v nell'espressione dell'effetto Fv (n.° 40), fatto sin. $\varphi = 1$, e supposta per ϑ la direzione or ora suggerita; risulterà pel valore del massimo effetto della ruota

$$Fv = \mu g (H+h).$$

Dunque tutto l' effetto della corrente viene trasmesso alla ruota, la quale, per conseguenza, produrrebbe il massimo di tutti gli effetti possibili. E così in questa ruota, come in quella del Poncelet, niuna porzione dell' effetto della corrente verrebbe impiegata a vincere l'inerzia della macchina; lo che dimostra quanto sia necessario l'assoggettare cotesta teoria ad una modificazione, valevole a renderla consentanea coi risultamenti della sperienza. Nè questo risultamento della teoria dee recar meraviglia; imperocchè corrisponde al caso in cui $W = 0$. Ed è ben manifesto, che se la corrente abbandonasse la ruota senza alcuna velocità, tutta la sua forza verrebbe impiegata a dar moto alla medesima, e quindi tutto l' effetto della corrente verrebbe trasmesso alla ruota.

42. Giova qui riferire il sentimento del Navier, in ordine al modo di adoperarsi onde ottenere da queste ruote il maggior effetto possibile.„ » Sarà sempre conveniente (sono le parole del Navier) che la vena » acquea e le palmette abbiano poca larghezza nel senso del raggio; » giacchè siccome la velocità di rotazione non è la stessa pei punti di- » versamente lontani dall' asse, così non havvi che un punto della pal- » metta, al quale possa competere la velocità necessaria pel massimo ef- » fetto. Se si avesse una gran quantità d'acqua da disporre, si potreb- » be farla giungere a più tubi inclinati, distribuiti in giro attorno la » ruota, sopra piani verticali tangenti la sua circonferenza. Si potreb- » be altresì, siccome propone l'Eulero (*Accadémie de Berlin*, 1754), » ricevere l'acqua in un serbatoio cilindrico del diametro stesso della » ruota, posto verticalmente al dissopra di essa, di modo che l' asse » della ruota passasse a traverso di questo serbatoio. Da questo si fa- » rebbe sortir l'acqua per mezzo di un gran numero di tubi inclinati, » e distribuiti alla circonferenza della ruota. L'origine di questi tubi

» dovrebb' essere dilatata. È manifesto, che una disposizione simmetrica » rapporto all' asse de' condotti o tubi che somministrano l'acqua alla » ruota, avrà questo vantaggio, che lo sforzo del motore non causerà » sopra i punti d'appoggio dell' asse alcuna pressione laterale.

» Quanto al grado di vantaggio che queste ruote possono presen- » tare nella pratica, non si sono fatte le osservazioni necessarie per » determinarlo. Il Borda le crede suscettibili di trasmettere circa li $^3/_4$ » dell' effetto della corrente che le fa muovere (*Accadémie des Scien- » ces*, 1767 pag. 285). Questa valutazione parerebbe moderata, e mi » sembra che dando a queste ruote maggiore altezza di quella cui è » costume di assegnare, onde l' acqua abbia tempo di perdere, stri- » sciando lungo le palmette, tutta la velocità verticale, ed adottando » il modo di dar loro l'acqua, che abbiamo poc' anzi indicato, si può » sperare almeno li $^4/_5$ dell' effetto della corrente.

43. Proponiamoci ora una particolare disposizione delle palmette. Supponiamo che la tangente nel punto C sia verticale, e nel punto D orizzontale; dovrà essere allora verticale anche la direzione FC colla quale la corrente entra a percorrere la palmetta CD. Sarà quindi BC : BF :: 1 : sin. BCF; e però V : v :: 1 : sin. ϑ. Cotesta particolare disposizione della ruota esige adunque che sia sin. $\vartheta = \frac{v}{V}$, sin. $\varphi = 1$; e così l'espressione della velocità colla quale la corrente abbandona la ruota, sarà

$$\Omega = \sqrt{[2g(H+h) - 2v\sqrt{(2g(H+h) - v^2)}]};$$

e l' effetto della forza motrice F, diverrà (n.° 40)

$$Fv = \mu v \sqrt{[2g(H+h) - v^2]}.$$

Il valore di v che rende massimo quest'effetto è $v = \sqrt{[g(H+h)]}$; dunque sarà massimo l'effetto della ruota, allorchè la sua velocità starà a quella dovuta all' intera caduta $H+h$, come $1 : \sqrt{2}$. Il valor massimo poi di quest' effetto, è sempre $Fv = \mu g(H+h)$, cioè tutto intero l'effetto della corrente; e infatti, se poniamo $v = \sqrt{[g(H+h)]}$ nell' espressione di W poc' anzi trovata, risulterà W = 0; dunque qui pure la corrente perde tutta la sua forza contro la ruota, e l'effetto di questa debb' essere eguale all' effetto di quella.

44. Il Guenyveau parlando di queste ruote, che il Borda pel primo ne ha data la teoria, dice che possono essere messe nella classe delle macchine mosse, per la reazione dell' acqua; e che la forza che dà loro movimento, può misurarsi dal peso di un prisma d'acqua, che

avendo per base la sezione della vena, abbia un' altezza eguale a quella dovuta alla velocità colla quale la corrente sorte dalla palmetta (1). Vediamo adunque a quali risultamenti saremo condotti nella teoria di queste ruote, partendo da sì fatti principj.

Supponiamo che la vena acquea sorti dalla palmetta CD come da un tubo incurvato alla foggia della palmetta medesima. Chiamiamo A l'area di questa vena, e sia Ω (n.° 40) la velocità colla quale abbandona la ruota. La forza di reazione corrisponderà quindi al peso di un prisma d'acqua, che avendo per base la superficie A abbia per altezza $\frac{\Omega^2}{2g}$. Chiamate γ la gravità specifica dell'acqua sarà $F = \frac{A\gamma}{2g}\Omega^2$; $Fv = \frac{A\gamma v}{2g}.\Omega^2$. Sostituito per Ω il suo valore, si avrà

$$F = \frac{A\gamma}{g}\left(\begin{array}{c} g(H+h) - V v \sin.\vartheta + v^2 - \\ v\sin.\phi\sqrt{(2g(H+h) - 2Vv\sin.\vartheta + v^2)}\end{array}\right);$$

$$Fv = \frac{A\gamma}{g}\left(\begin{array}{c} g(H+h)v - V v^2 \sin.\vartheta + v^3 - \\ v^2\sin.\phi\sqrt{[2g(H+h) - 2Vv\sin.\vartheta + v^2]}\end{array}\right).$$

Qui pure hanno luogo le considerazioni del n°. 41, rispetto al valore degli elementi ϕ, v, e ϑ, appartenenti al massimo effetto. Posto quindi sin. $\phi = 1$, e differenziato il valore precedente di Fv, si avrà l'equazione

$$\left(\begin{array}{c} 2g^3(H+h)^3 - 10g^2(H+h)^2 Vv\sin.\vartheta + 16g(H+h)V^2v^2\sin.^2\vartheta \\ -3g^2(H+h)^2v^2 - 8V^3v^3\sin.^3\vartheta + 3V^2v^4\sin.^2\vartheta\end{array}\right) = 0;$$

onde determinare la velocità della ruota pel massimo effetto.

45. La soluzione di quest'equazione esige un calcolo troppo complicato, e quindi riesce difficile oltremodo il determinare la velocità v che si cerca. Abbandoniamo adunque questa generalità, e risolviamo il problema nell' ipotesi considerata al n.° 43. Fatto pertanto sin. $\phi = 1$; sin. $\vartheta = \frac{v}{V}$, il valore dell'effetto della forza F diverrà

$$Fv = \frac{A\gamma}{g}[gv(H+h) - v^2\sqrt{(2g(H+h) - v^2}].$$

La velocità della ruota, che rende massimo cotesto effetto, sarà data dall' equazione

$$(e') \ldots\ldots 9v^6 - 24g(H+h)v^4 + 17g^2(H+h)^2v^2 - 2g^3(H+h)^3 = 0,$$

che è di sesto grado derivativa del terzo, Cotest' equazione ha la radice reale e razionale $v^2 = g(H+h)$; le altre due sono irrazionali, e si determinano dividendo l'equazione (e') pel binomio $v^2 - g(H+h)$. Da questa divisione risulta

$$9v^4 - 15g(H+h)v^2 + 2g^2(H+h)^2 = 0,$$

equazione di quarto grado derivativa del secondo, le cui radici sono $v^2 = g(H+h)\left[\frac{5}{6} \pm \sqrt{\frac{17}{36}}\right]$. Ognun vede che queste radici sono irrazionali: ma poichè $\sqrt{\frac{17}{36}}$ è prossimamente $= \frac{4}{6}$; così possiamo dire che le altre radici dell' equazione (e'), sono $v^2 = \frac{1}{6}g(H+h)$; $v^2 = \frac{9}{6}g(H+h)$. Vediamo ora quale di questi tre valori della velocità v rende massimo l' effetto Fv della ruota. Per venire in cognizione di ciò colla maggiore speditezza possibile, prendo a sostituire nella precedente espressione di Fv, codesti tre valori della velocità v, e trovo, che fatto $v^2 = g(H+h)$ risulta $Fv = 0$; posto $v^2 = \frac{1}{6}g(H+h)$ si trova $Fv = 0{,}1826\,\frac{A\gamma}{g}\left[g(H+h)\right]^{\frac{3}{2}}$; e posto $v^2 = \frac{9}{6}g(H+h)$ si ha $Fv = 0{,}1641\,.\,\frac{A\gamma}{g}\left[g(H+h)\right]^{\frac{3}{2}}$. È dunque $v = \sqrt{\left(\frac{1}{6}g(H+h)\right)}$ il valore della velocità della ruota che ne rende massimo il suo effetto; ed il valor massimo di Fv, corrisponde prossimamente ad

$$Fv = 0{,}1826\,.\,\frac{A\gamma}{g}\left[g(H+h)\right]^{\frac{3}{2}}.$$

Vediamo ora con quale velocità la corrente abbandona la ruota, mentre questa agisce col massimo effetto. Posto $v = \sqrt{\left(\frac{1}{6}g(H+h)\right)}$ nel valore di Ω del n.° 43, risulta prossimamente

$$\Omega = 0{,}9458\sqrt{\left(g(H+h)\right)}.$$

Chiamato E il volume d'acqua erogato in un secondo, può farsi $E = A\Omega = 0{,}9458\,A\sqrt{\left(g(H+h)\right)}$; e poichè $\gamma E = \mu g$, sarà $\mu = \frac{\gamma E}{g} = 0{,}9458\,\frac{A\gamma}{g}\sqrt{\left(g(H+h)\right)}$, e quindi $\frac{A\gamma}{g}\sqrt{\left(g(H+h)\right)} = \frac{\mu}{0{,}9458}$. Dunque l' effetto massimo della ruota avrà per espressione

$F\nu = \frac{0{,}1826}{0.9458} \mu g (H+h) = 0{,}1936 \mu g (H+h)$; o sia sarà poco meno di un quinto dell' effetto dovuto all' intera caduta della corrente. Forse che il disporre le palmette nel modo che qui si considera, non procura tutto quel vantaggio che nella pratica abbisogna; e perciò troppo scarso è l' effetto che se ne trae: tuttavia bisognerebbe sempre il confronto della sperienza, per rettificare e correggere coteste teorie.

46. L' utilità delle palmette incurvate può dirsi conosciuta anche dai nostri antichi, mentre vediamo che le loro ruote orizzontali erano munite di palmette o vogliam dire ritrecini, scavate a guisa di cucchiaio. Tale è la forma di quasi tutte le ruote orizzontali adoperate ne'nostri mulini, ed alle quali danno il nome di *ruote a catini*. Potrebbesi però vantaggiare maggiormente l'effetto di coteste ruote orizzontali dando alle palmette la forma suggerita dal Morosi (1). Cotesto eccellente meccanico ha trovato che l'impulso di una vena acquea che urti normalmente contro una lastra qualunque, può accrescersi del doppio, solo che si contorni cotesta lastra con un bordo che costringa la corrente a uscire dalla medesima in direzione parallela, e direttamente opposta a quella con cui entra ad urtarla. Contraria a questo risultamento del Morosi è l'opinione del Poncelet, il quale asserisce che col bordo del Morosi, non s' accresce l' effetto delle ruote a palmette se non di $^1/_5$ del suo valore: ma conviene riflettere, che l'opinione del Poncelet è fondata sulle sperienze instituite dal Christian, le quali sono totalmente diverse da quelle instituite dal Morosi. La lastra di questo, era esposta all' urto di una vena acquea che l'urtava direttamente; quella del Christian, era esposta all'urto della corrente in un canale angusto orizzontale, la cui velocità media era di un metro per secondo. I risultamenti delle sperienze del Morosi sono convalidate dalla teoria del Lagrange sull'urto diretto di una vena fluida contro una lastra; siccome può osservarsi all' art. 419 dell'Idraulica del Venturoli: ma i risultamenti del Christian, sebbene ottenuti con tutta la diligenza possibile, sono, a sua confessione, molto al disotto di quelli che hanno trovato la maggior parte degli autori che si sono occupati di queste ricerche (2). Dunque non è adire, che con questo

(1) Veggasi il T. I. delle *Memorie dell' Imperiale Regio Istituto del Regno Lombardo-Veneto*, Milano 1819.

(2) *Mécanique industrielle*. Tom. I. Chap. XXIII.

Riporterò i risultamenti delle sperienze del Christian sull'urto diretto contro una superficie piana, e le conseguenze ch' egli ne deduce, giacchè a me sembra che i calcoli su cui sono fondate non siano i più esatti.

In un canale largo due volte quanto la lastra, trovò che uno sforzo di chil. 0,575

artifizio del Morosi si possa aumentare l'effetto delle ruote idrauliche di un quinto solamente, mentre potrà ottenersi un aumento di gran lunga maggiore. Infatti l'effetto delle ruote orizzontali si accresce del doppio, lo che sarà da noi dimostrato al n°. 47. Certo è però, che praticando nelle palmette delle ruote verticali un bordo alla foggia degli sperimenti del Christan, non si può sperare quell'aumento di effetto che si ottiene dalle ruote orizzontali; e perciò possiamo concludere, che per ottenere tutto il vantaggio che trar puotesi dal ritrovamento del Morosi, è necessario che la corrente fluida urti la palmetta sotto forma di una vena, e non sotto quella di un canale orizzontale.

Ecco pertanto la forma che dal Morosi viene assegnata alle ruote orizzontali, urtate direttamente da una vena fluida. » Coteste ruote (di» ce il Morosi) sono del genere dei ritrecini, cioè girano orizzontal» mente, ma hanno le pale chiuse fra due sponde come le ruote a cas» sette verticali. Sulla metà della superficie interna di queste pale è

---

fece equilibrio ad una corrente orizzontale, animata da una velocità di un metro per φ'', che urtava una lastra piana, di un centimetro quadrato di superficie: conchiude quindi, che la misura assoluta di quest'urto equivale al peso di un prisma d'acqua, che avendo per base la superficie urtata abbia per altezza 1,15 dell'altezza dovuta alla velocità. Io trovo invece 1,128. La stessa superficie, corredata di due bordi laterali, o di un bordo tutto all'intorno, siccome prescrive il Morosi, sostenne uno sforzo misurato da un peso di chil. 0,625; il Christian deduce da questa sperienza che l'altezza del prisma d'acqua misuratore di quest'urto è 1,25 dell'altezza dovuta alla velocità. A me risulta = 1,226.

In un canale largo quanto la palmetta, e veloce come il precedente, l'urto della corrente contro una lastra senza bordo, avente due centimetri quadrati di superficie, fu equilibrato da un peso di chil. 1,305; e si conclude dal Christian, che l'altezza del cilindro acqueo, equiponderante a questo peso, è = 1,30 dell'altezza dovuta alla velocità. Per me la trovo = 1,280. E per la stessa lastra munita del bordo, il peso che equilibra l'urto della corrente fu di chil. 1,465; a cui corrisponde un cilindro acqueo alto 1,50 dell'altezza dovuta alla velocità. Secondo i miei calcoli cotesto numero è 1,437.

Non saprei indovinare onde procedano queste differenze, le quali sebbene non molto rilevanti, applicate ad ostacoli di maggiori superficie, possono rendersi sensibilissime. Chiamato ρ il rapporto fra l'altezza del prisma acqueo misuratore dell'urto, e quella dovuta alla velocità della corrente, A l'area della lastra urtata, u la velocità dell'urto, P il peso ad esso equiponderante, e γ la gravità specifica dell'acqua; io trovo $P = \rho . A \gamma . \frac{u^2}{2g}$. Nelle sperienze del Christian è $u = 1$; sarà dunque $\rho = \frac{2gP}{A\gamma}$. Posto quivi $\gamma = 1000$; $g = 9{,}8087952$; e calcolato successivamente A = 0,01; A = 0,02 coi pesi P che vi corrispondono, si trovano i risultamenti da me poc'anzi riferiti. Ognuno è ora in grado di giudicare da qual parte sia l'errore che viene commesso.

» attaccato trasversalmente un pezzo d'asse che vi forma un risalto del-
» l'altezza di due pollici circa. I canali che a questa conducono l'a-
» cqua sono piramidali e chiusi da ogni lato, solidamente fissati al fian-
» co della gora e nel più basso di essa. Sono situati perciò orizzontal-
» mente, e la loro direzione è tangenziale alla periferia delle stesse
» ruote. Nella sponda inferiore di esse fui costretto a lasciare delle a-
» perture per dar luogo all'acqua di uscire tosto che aveva urtato le
» pale. La bocca d'ogni canale è contenuta fra le dette sponde in mo-
» do che l'acqua non si devia da esse, e nell'atto d'urtare tutta tro-
» vasi chiusa nelle rispettive ruote, talmente che su di ogni parte pog-
» giando le spinge con tutta l'energia della forza della quale è capace.

47. La teoria di queste ruote del Morosi è la seguente. Si dimostra dal Venturoli, nel citato art. 419, che l'urto della vena contro una lastra contornata da un bordo talmente costituito che i filamenti fluidi scappano fuori in direzione opposta a quella della vena; si misura dal peso di un prisma d'acqua grosso quanto la vena, e d'altezza quadrupla di quella dovuta alla velocità dell'urto. Sia dunque A l'area della sezione della vena, V la velocità della corrente, v quella della ruota, sarà $\frac{(V-v)^2}{2g}$ l'altezza dovuta alla velocità dell'urto, e chiamata F la forza della corrente, che mantiene in moto equabile la ruota, sarà

$$F = \frac{2\gamma A}{g}(V-v)^2;$$

ed il suo effetto

$$Fv = \frac{2\gamma A}{g}(V-v)^2 v.$$

Diviene massimo quest'effetto, quando la velocità della ruota è un terzo di quella della corrente; sarà dunque questo massimo effetto $Fv = {}^8/_{27} \cdot \frac{\gamma A}{g} v^2$. Essendo ora E il volume d'acqua erogata in un secondo sarà $E = AV$, e perciò $Fv = {}^8/_{27} \cdot \frac{E\gamma}{g} \cdot V^2$: ma $\frac{E\gamma}{g} = \mu$: $V^2 = 2gH$; sarà dunque

$$Fv = \frac{16}{27} \cdot \mu g H = 0{,}5926 \cdot \mu g H;$$

cioè l'effetto massimo di queste ruote è circa $^3/_5$ di quello dovuto alla totale caduta della corrente.

Abbiamo veduto al n°. 38, che l' effetto delle ruote orizzontali a palmette piane è $= {}^{8}/_{27} . \mu g H$; dunque l'effetto delle ruote del Morosi, diviene doppio di quello delle ruote precedenti.

Dopo tutto questo sembrami che il Navier assegni alle ruote orizzontali esaminate al n°. 40, un effetto troppo grande, quando dice poter crescere cotesto effetto sino a $^{4}/_{5}$ di quello della corrente (n.° 42); coteste ruote non pare che possano essere tanto vantaggiose quanto quelle del Morosi, giacchè la corrente non le urta direttamente; ond'è ch' io stimo esagerata anche la misura dell' effetto, assegnata dal Borda a queste ruote medesime. La sola sperienza può decidere la quistione; e potrebbe essere che l' effetto delle ruote del Morosi, risultasse effettivamente maggiore di quello da me or ora calcolato.

CAP. V.

Delle ruote mosse dal peso dell' acqua, e dall' urto della medesima, o sia delle ruote verticali a cassette.

48. Anche di queste ruote daremo la teoria, giusta il principio della conservazione delle forze vive, e dietro le leggi della percossa de' fluidi.

Distingueremo pertanto il doppio caso, quando cioè le ruote di che si tratta, girano pel solo peso dell' acqua, e quando a questo peso si aggiugne l' azione della percossa. Cominciamo da quest' ultimo.

Dal serbatoio I L (fig. 6) esce l' acqua pel foro f, ed entra a riempiere le cassette più alte collocate in M. Dal peso di quest' acqua prende movimento la ruota, ed altre cassette successivamente si empiono e si conservano piene, fin tato che nel girare siano giunte nel punto più basso D, nel quale si vuotano interamente. Si dee procurare di dar loro la forma più acconcia a tener l' acqua fino al punto D. Ad ogni modo è palese, che reso permanente il moto di rotazione, se la velocità della ruota eguaglia quella della corrente, la forza sollecitante, è il peso costante d' un' armilla fluida di data grossezza, la quale circonda la periferia della ruota, e si estende dal punto M fino al punto D. Che se la velocità della ruota sarà minore di quella corrente avrà luogo la percossa dell' acqua contro le pareti delle cassette, ed al peso precedente si dovrà aggiugnere l' urto prodotto della vena fluida che entra a riempiere ciascuna cassetta.

Immaginiamo al solito che questa ruota sia destinata a sollevare un peso F, mediante un cilindro il cui raggio Cn è uguale a quello della circonferenza che passa pel centro delle cassette. È chiaro che il peso F determinerà lo sforzo della corrente per mantenere equabile il moto della ruota.

Chiamando H l'altezza totale della caduta A D; h la porzione A B di questa caduta; v la velocità equabile del centro delle cassette; μ la massa d'acqua erogata in un secondo; e V la velocità della corrente: è palese, che supposto $V > v$. L'acqua nell'entrare in ciascuna cassetta produrrà un urto dovuto alla velocità rispettiva $V - v$. Ciò posto consideriamo il tempo impiegato dal punto M a percorrere l'arco M N D; o sia il tempo $t = \frac{MND}{v}$. L'erogazione dell'acqua in questo tempo, sarà compresa nell'armilla fluida M N D, e perciò la sua massa sarà $= \mu . \frac{MND}{v}$, ed il suo peso $= \mu g . \frac{MMD}{v}$: ora poichè quest'acqua discende da un'altezza H, il suo effetto sarà $= \mu g . \frac{MND}{v}$ H. A questo effetto contrasta quello del peso F sollevato dalla ruota, il quale sarà $=$ F. M N D, giacchè cotesto peso percorre uno spazio $=$ M N D nel tempo sopra indicato. Dunque l'effetto della forza impressa nella ruota, sarà eguale

$$\mu g . \frac{MND}{v} H - F . MND .$$

D'altra parte, essendo v la velocità dell'acqua entro le cassette, la forza viva acquistata dalla massa μ nel tempo t, è $= \mu . \frac{MND}{v} . v^2$: ma per l'effetto della percossa in M, la massa μ perde la forza viva $\mu . \frac{MND}{v} (V - v)^2$. Dunque pel solito teorema del n.° 2, risulterà l'equazione

$$\mu g . \frac{MND}{v} . H - F . MND = {}^1/_2 \mu . \frac{MND}{v} . v^2 + {}^1/_2 \mu . \frac{MND}{v} (V - v^2) ;$$

la quale ridotta ci dà $Fv = \mu [gH - {}^1/_2 V^2 + (V - v) v]$: ma $V^2 = 2gh$; dunque

$$Fv = \mu g (H - h) + \mu (V - v) v .$$

La velocità della ruota che rende massimo quest'effetto è $v = {}^1/_2 V$; e l'effetto massimo della ruota viene espresso da $Fv = \mu g (H - {}^1/_2 h)$;

Essendo sempre E il volume d'acqua erogato in un secondo, sarà $\mu g = 1000$ E, e però

$$F v = 1000 E (H - {}^1/_2 h).$$

49. Vediamo ora da quali altri principii potrebbe partirsi onde instituire la teoria delle ruote verticali a cassette. E qui cominciaremo dal caso in cui il motore è il solo peso dell' acqua.

Quando la velocità della corrente è uguale, o minore della velocità della ruota, essa entra nelle cassette senza esercitare alcuna percossa; e perciò la forza che fa girare la ruota è il peso dell'armilla fluida che la circonda. L'ingegnere Guenyveau (1) vuole che questo peso venga diminuito in ragione della differenza fra la velocità g che imprime la gravità a ciascuna molecola fluida, e la velocità v delle particelle solide di cui è composta la ruota: ma conviene riflettere, che la massa fluida contenuta nell' armilla M N D diviene parte inerente della ruota medesima, e perciò ciascuna molecola fluida partecipa della velocità v, come ciascuna particella della ruota è animata dalla gravità g. Dunque quella differenza divien zero, e la forza che mette in giro la ruota è l'intero peso dell' armilla fluida anzidetta.

Sia pertanto B O D G (fig. 7) la perifieria che passa pel centro delle cassette; M il punto in cui l'acqua entra nell' armilla M O N; ed N il punto in cui essa abbandona la ruota. Per maggiore facilità ponghiamo, C B = C O = 1: posto B M = α, B N = β, sarà C I = cos. α, C H = — cos. β; e però H I = cos. α — cos. β. Consideriamo ora l'arco indeterminato B O = x; chiamata A l'area della sezione dell'armilla, sarà A dx il volume acqueo compreso fra due sezioni infinitamente vicine O, o; ed essendo γ la gravità specifica dell' acqua sarà A γdx il peso di quel volume. Rappresentiamo con O p questo peso: si decomponga questa forza in due, una O f tangente la ruota, l'altra O q nel senso del raggio; sarà O f l'elemento della forza che si cerca. Chiamata dunque F questa forza si avrà O f = d F = A γ d x sin. x; integrando risulterà F = cost. — A γ cos. x. Cotest'integrale debbe estendersi da $x = \alpha$, fino ad $x = \beta$; sarà dunque F = A γ (cos. α — cos. β); ma H I = cos. α — cos. β; dunque F = A γ . H I. La H I = H′, è l'altezza verticale dell' armilla M O N; sarà dunque

$$F = A \gamma H'.$$

Di qui si rileva, che l'azione dell' acqua, la quale è effettivamente applicata al centro di gravità dell' armilla fluida M O N; intesa applicata

(1) *Essai sur la science des machines.* Chap. III. pag. 154.

alla periferia della ruota, e diretta nel senso della tangente alla medesima, *equivale al peso di un prisma d' acqua, che ha per base la sezione dell' armilla, e per altezza l' altezza verticale della medesima.*

Quando l'acqua entra nella ruota al punto B, e esce nel punto D, è $H' = H - h$; e però sarà

$$F = A\gamma(H-h).$$

5o Allorquando poi la velocità della corrente è maggiore di quella della ruota; all' azione del peso precedente debbe aggiugnersi la forza dell'urto che la vena fluida esercita contro la sezione A dell' armilla, il qual urto, essendo proporzionale e alla superficie urtata, ed al quadrato della velocità rispettiva $V-v$, risulterà $= mA(V-v)^2$. Avremo dunque

$$F = A\gamma H' + mA(V-v)^2;$$

e perciò $$Fv = A\gamma H' v + mA(V-v)^2 v.$$

La velocità della ruota che rende massimo l'effetto Fv, si ottiene al solito dall'equazione $d.Fv = 0$; o sia

$$\gamma H' + m(V^2 - 4Vv + 3v^2) = 0.$$

Avremo dunque $v = {}^2/_3 V \pm \sqrt{[{}^1/_9 V^2 - {}^1/_3 . \frac{\gamma H'}{m}]}$, e sta a vedere quali di questi due valori di v rende massimo il prodotto Fv. È noto che questo valore debbe rendere negativo il differenziale secondo di Fv; essendo adunque $\frac{d^2 Fv}{dv^2} = -2mA(2V-3v)$, si vede chiaramente, che la velocità della ruota che rende massimo il suo effetto, è

$$v = {}^2/_3 V - \sqrt{[{}^1/_9 V^2 - {}^1/_3 . \frac{\gamma H'}{m}]}.$$

L' equazione del moto equabile della ruota, secondo la presente teoria, sarà

$$A\gamma H' + mA(V-v)^2 = \frac{b}{a} . P.$$

Passiamo a confrontare queste teorie colla sperienza.

51. Lo Smeaton adoperò una ruota del diametro di due piedi inglesi, corredata di 36 cassette profonde 2 pollici. L'acqua entrava a riempiere le cassette della ruota in un punto assai prossimo al vertice della medesima. L'altezza del carico d'acqua sopra la ruota, fu variata, da 3 fino ad 11 pollici. Pel rimanente si procedette come nelle sperienze delle ruote verticali a palmette. Sedici serie di sperienze furono per tal modo instituite dallo Smeaton, ed i risultamenti che se ne ottenne, allorchè la ruota agiva col massimo effetto, sono registrati nella tavola seguente, la quale contiene eziandio i risultamenti ottenuti dalla formola $F v = \mu g (H - {}^1/_2 h)$ del n.° 48.

TAVOLA

Delle sperienze dello Smeaton sulle ruote verticali a cassette.

Numero delle sperienze	Valori dell'altezza H	Valori dell'altezza h	Velocità della corrente dovuta all'altezza $h' = V$	Erogazione espressa in peso	Numero de' giri della ruota	Velocità della ruota corrispondente al centro delle cassette $= v$	Peso sollevato	Effetto della ruota dedotto dalla sperienza	Effetto della ruota dedotto dalla teoria	Rapporto fra l'effettto teorico e l'osservato
	pollici		*piedi*	*libbre*		*piedi*	*libbre*			
1	27	3	4,0118	30	19	1,8239	6,5	555,7500	765	0,7264
2	27	3	4,0118	56 $\frac{1}{3}$	16,25	1,5599	14,5	1060,3125	1445	0,7338
3	27	3	4,0118	56 $\frac{1}{3}$	20,75	1,9918	12,5	1167,1875	1445	0,8077
4	27	3	4,0118	63 $\frac{1}{3}$	20,5	1,9678	13,5	1245,3750	1615	0,7711
5	27	3	4,0118	76 $\frac{2}{3}$	21,5	2,0638	15,5	1499,6250	1955	0,7671
6	28,5	4,5	4,9136	73 $\frac{1}{3}$	18,75	1,7998	17,5	1476,5625	1925	0,7670
7	28,5	4,5	4,9136	96 $\frac{1}{3}$	20,25	1,9438	20,5	1868,0625	2537,5	0,7362
8	30	6	5,6727	90	20	1,9199	19,5	1755,0000	2430	0,7222
9	30	6	5,6727	96 $\frac{1}{3}$	20,75	1,9918	20,5	1914,1875	2610	0,7334
10	30	6	5,6727	113 $\frac{1}{3}$	21	2,0158	23,5	2220,7500	3060	0,7257
11	33	9	6,9484	56 $\frac{1}{3}$	20,25	1,9438	13,5	1230,1875	1615	0,7617
12	33	9	6,9484	106 $\frac{1}{3}$	22,25	2,1358	21,5	2152,6875	3040	0,7081
13	33	9	7,6818	146 $\frac{2}{3}$	23	2,2078	27,5	2846,2500	4180	0,6809
14	35	11	7,6818	65	19,75	1,8959	16,5	1466,4375	1917,5	0,7648
15	35	11	7,6818	120	21,5	2,0638	25,5	2467,1250	3540	0,6969
16	35	11	7,6818	163 $\frac{1}{3}$	25	2,3998	26,5	2981,2500	4283,25	0,6181

Cotesta tavola, che è quella stessa riportata dal Chistian nel Tom. I.° dell' opera citata pag. 341; è stata da me nuovamente calcolata, e ridotta a rappresentare il confronto della teoria colla sperienza. La velocità V è stata dedotta dalla solita formola $V = \sqrt{2gh}$, in cui g ridotto a misura inglese ed alla latitudine di Londra, corrisponde a piedi 32,1889527 (V. la nota del n.° 16). Quanto alla velocità v, si osservi che il diametro della ruota era di poll. 24; e poichè l'altezza di ciascuna cassetta era di poll. 2, così il diametro della periferia corrispondente al centro delle cassette sarà di poll. 22: cotesta circonferenza equivale a piedi inglesi 5,7596, e ci somministra i valori di v registrati nella colonna 7.ª

Risulta pertanto da coteste sperienze dello Smeaton, che la velocità della ruota, corrispondente al massimo effetto, è circa la metà di quella della corrente, fin tanto che il carico d'acqua sia $^1/_8$ del diametro della ruota: ma allochè questo carico d'acqua diviene $^1/_4$, o poco meno la metà di esso diametro, la velocità v del massimo effetto, *non* è più che circa $^1/_3$ di quella della corrente. Nel primo caso il rapporto dell' effetto teorico all'osservato, è circa $^4/_5$ siccome deduce il Navier; ma nel secondo, l'effetto teorico è circa $^3/_4$ dell'osservato.

Anche il Christian ha instituite delle sperienze sulle ruote a cassette, nelle quali il carico d'acqua era circa $^1/_{17}$ del diametro della ruota: confrontando l'effetto teorico coll'osservato, sempre nel caso del massimo effetto, risulta da queste sperienze, che il primo è circa $^4/_5$ del secondo; e prendendo un medio fra le due velocità corrispondenti al massimo effetto, si trova che la velocità della ruota è circa la metà *di* quella della corrente. Il Bossut non ci fa conoscere nelle sue sperienze, quale fosse il carico d'acqua sopra la ruota; ma calcolando $h = 14$ linee, qual' è l'altezza d' acqua nel canale delle sperienze descritte al n.° 18, si trova che la velocità della ruota pel massimo effetto, è circa $^2/_3$ dell' osservata. Quivi il carico d'acqua sarebbe $^1/_{30}$ del diametro della ruota.

Dal complesso di queste osservazioni possiamo concludere col Navier, che volendo una formola che s'accordi il più che sia possibile coi risultamenti della sperienza, calcoleremo l'effetto massimo delle ruote a cassette, mercè l'equazione $F v = {}^4/_5 \mu g (H - {}^1/_2 h)$, ben inteso però che le ruote a cui appartiene tale teoria debbono avere un carico d'acqua assai piccolo. Sia p. e. h' l'altezza dovuta alla velocità colla quale vuolsi far girare la ruota, sarà $v = \sqrt{2gh'}$: ma $V = \sqrt{2gh}$; dunque dovendo essere $v = {}^1/_2 V$, risulterà $\sqrt{h'} = {}^1/_2 \sqrt{h}$, e quindi $h = 4h'$. Dunque il carico d'acqua dovrà essere quadruplo dell' altezza dovuta alla velocità della ruota.

Lo Smeaton insegna che una velocita $v = 1^m$, conviene all'incirca tanto alle grandi che alle piccole ruote; sarebbe allora $h' = 0{,}051$, e quindi $h = 0{,}204$. Avendo pertanto un piccol corpo di acqua che discenda da una grande caduta, può questa destinarsi a muovere una ruota a cassette; e così trovata la velocità colla quale debba muoversi la ruota, lo che dipende dal particolare oggetto al quale si destina, il quadruplo dell' altezza dovuta a questa velocità, sarà l'altezza d'acqua nel canale orizzontale, che la conduce alla ruota: sottratta quest'altezza dalla caduta totale, la differenza darà il diametro della ruota. Il suo massimo effetto sarà allora calcolato dalla formola precedente, la quale posto $\mu g = 1000\,E$, diviene

$$F v = {}^4/_5 \cdot 1000 \cdot E\,(H - {}^1/_2 h)\,;$$

e così la forza colla quale la corrente mette in giro la ruota, sarà

$$F = {}^4/_5 \cdot 1000 \cdot \frac{E}{v}\,(H - {}^1/_2 h).$$

52. Le formole del n. 50 non reggono al confronto delle sperienze precedenti, sì perchè dalle medesime non conosconsi le dimensioni delle cassette, e quindi non può calcolarsi l' area o elemento A che entra in quelle; come perchè risulterebbe dalle medesime immaginaria, la velocità della ruota corrispondente al massimo effetto. Infatti posto $m = \frac{\gamma}{g}$ come fu calcolato al n.° 38, risulta $v = {}^2/_3\,V - \sqrt{[{}^1/_9\,V^2 - {}^1/_3\,gH']}$ (n.° 50): ma $V^2 = 2gh$, sarà dunque $v = \frac{2V - \sqrt{(2gh - 3gH')}}{3}$.

Ora H' rappresenta il diametro della ruota allorchè esce l'acqua dalle cassette nel punto infimo D: e siccome in tutte le sperienze precedenti, è sempre $2h < 3H'$, così il valore di v riescirà immaginario. Adunque, le formole di che si tratta, non sono adattabili al caso in cui il carico d'acqua sia una piccola frazione del diametro della ruota: dovrà essere per lo meno $h = {}^3/_2\,H'$, cioè il carico d'acqua una volta e mezzo il diametro medesimo. In questo caso la velocità della ruota, pel massimo effetto, sarebbe ${}^2/_3$ di quella della corrente. In generale però H' rappreseuta l'altezza verticale H I dell'armilla fluida M O N: per queste formole adunque il carico d'acqua A M debb' essere almeno una volta e mezzo l'altezza H I, e così l'acqua opera più coll' urto che col proprio peso. Mi ricordo d'aver veduto anni sono una ruota a cassette, nella quale l'acqua discendendo per una doccia da una grande altezza,

entrava a riempiere le cassette medesime in un punto alquanto distante dal punto B; e quindi agiva più coll' urto che col proprio peso, su queste ruote, io credo, dovrebbesi studiare la teoria sviluppata al n.° 50.

53. Determinando il diametro della ruota, coll' eccesso della caduta totale sopra il carico d'acqua necessario pel massimo effetto (n. 51); è accaduto, al riferire del Navier, di dover costruire ruote di 15 metri di diametro. Con una caduta così enorme potrebbesi costruire la ruota assai più piccola, e condurre il picciol corpo d'acqua entro le cassette della ruota in un punto presso il diametro orizzontale della medesima, per mezzo di una doccia: si potrebbe cioè far agire la corrente più coll' urto che col proprio peso. Resterebbe a vedere se nella pratica la grande ruota avesse effetto maggiore della piccola; ma su ciò manchiamo delle opportune osservazioni, e nulla possiamo conchiudere con precisione. Tuttavia, l'aumento di forza che riceve una vena fluida che urti una lastra dal bordo suggerito dal Morosi (n.° 46), mi fa dubitare che nella pratica fosse più vantaggiosa una piccola che non una grande ruota, giacchè nella prima, cadendo l'acqua da molta altezza, le cassette farebbero l'uffizio di una lastra contornata di un bordo, e l'urto della corrente diverrebbe una potenza considerevole; è certo però che una ruota piccola sarebbe in ogni caso meno dispendiosa, e per questo riguardo preferibile ad una grande.

54. È facile lo accorgersi, che nell' uso delle ruote a cassette, è difficile che l'acqua contenuta nelle medesime si mantenga tutta entro le cassette della ruota dal punto B fino al punto D, e che nel volgersi della medesima non se ne perda una parte a scapito della potenza. A togliere quest' inconveniente è stata immaginata la seguente modificazione, rappresentata dalla figura 8ª. L' acqua si riceve dalla ruota in un punto assai prossimo al suo vertice; ed un canale curvilineo che abbraccia circa la metà della ruota, impedisce la perdita d'acqua di che si ragiona: cotesto canale ha il suo fondo distante dalla periferia esterna della ruota quanto basta, per rendere libero il suo movimento. Col mezzo di quest' artificio si può portar acqua entro le cassette in quel punto della sua periferia che sarà più conveniente, e la ruota porgerà sensibilmente lo stesso vantaggio, come se ricevesse la corrente nella sua sommità. Conviene però osservare, che se con sì fatta costruzione, si avvantaggia per una parte la potenza togliendo la perdita d'acqua sopra indicata; per l'altra si scapita, giacchè la parte inferiore dell'arco della ruota contenuto nel canale che la circonda, essendo immerso nell' acqua perde una parte del suo peso, quanto è il peso di un volume d'acqua eguale a quello da esso arco spostato. E qui osserveremo col Navier, che sì fatto inconveniente non sarebbe gran fatto calcolabile

nelle ruote di ferro, ma nelle ruote di legno trovasi molto considerevole.

Appartiene a questo luogo il calcolo delle ruote a palmette, mosse da una corrente per l'azione del peso dell' acqua contenuta fra le palmette medesime.

Se il diametro che debbe assegnarsi alla ruota, sarà maggiore della caduta totale dell' acqua di cui può disporsi, allora si può far muovere la ruota in un canale curvilineo alla foggia di quello rappresentato dalla figura ottava, il quale versi l' acqua alla ruota nel punto M (fig.ª 9.ª) inferiore al diametro orizzontale della medesima. In questo caso le palmette debbono essere inclinate al raggio della ruota sporgendo tanto dalla medesima, che le sole palmette pescano nell' acqua del canale MND. Le pareti ed il fondo di questo canale, al riferire del Navier, ponno essere distanti dalla ruota di circa due o tre centimetri.

55. Applichiamo adunque la teoria del n.° 48 ad ambedue le ruote rappresentate dalle figure 8.ª, e 9.ª Chiamando H la caduta totale AD, ed h la caduta AM, l'espressione dell' effetto massimo della ruota sarà, anche per queste ruote, $Fv = \mu g\,(H - {}^1/_2 h)$; se non che quest'effetto debbe diminuirsi quanto importa la perdita di peso che fa la ruota immersa nella corrente. Sia $MND = s$, la lunghezza dell'arco immerso $BD = z$ la sua altezza verticale, e p il peso del volume d'acqua spostato da questa porzione della ruota. Cotesto peso debbe intendersi applicato al centro g di gravità dell' arco MND, ed agente col momento $p.gn$: volendo sostituire a questo peso una forza f applicata alla periferia della ruota, dovrà questa agire col momento $f.CN$. Si avrà dunque $p:f :: CN:gn$. Il centro g di gravità dell'arco MND, ci dà la proporzione $MND:MD :: CN:Cg$, o sia $s:CN :: MD:Cg$. I due triangoli simili Cgn, MDB ci danno $MD:Cg :: DB:gn$; dunque $s:CN :: z:gn$, o sia $s:z :: CN:gn$. Di qui risulta $p:f :: s:z$, e però $f = p.\frac{z}{s}$: l'effetto di questa forza sarà $p.\frac{z}{s}.v$; dunque

$$Fv = \mu g\,(H - {}^1/_2 h) - p.\frac{z}{s}.v$$

sarà l'espressione del massimo effetto delle ruote di che si tratta.

Posto al solito $\mu g = 1000\,E$, risulta

$$Fv = 1000\,E\,(H - {}^1/_2 h) - p.\frac{z}{s}v,$$

e la forza permanente dell' acqua contro queste ruote, sarà

$$F = 1000 \frac{E}{v} (H - {}^1/_2 h) - p \cdot \frac{z}{s} .$$

Se fosse data l'area A delle palmette, o piuttosto l'area della sezione della vena acquea che scorre nella corsía, si avrebbe $E = A v$, e quindi si calcolerebbe

$$F = 1000 A (H - {}^1/_2 h) - p \cdot \frac{z}{s} .$$

PARTE SECONDA

DE' MULINI DA GRANO.

CAP. I.

Teoria de' Mulini da grano, mossi da ruote verticali.

56. I Mulini da grano mossi da ruote verticali, vengono rappresentati dalla figura 10, nella loro più semplice forma. All' albero D della ruota AB mossa dall' acqua che agisce, o per urto, o per pressione, o per urto e pressione insieme, è congiunta un' altra ruota EF guernita di denti, che s' incastrano ne' fusi della lanterna G. L' albero verticale di questa lanterna gira sopra un perno rotondo H, che per essere di bronzo, viene denominato *bronzina*. Cotesto perno è fermato sopra una trave fissa in una sua estremità, e sostenuta nell' altra da un asta pendente dal piano in cui trovansi le macini. L' uffizio di questa trave, a cui i Francesi danno il nome di *palier*, è quello di secondare colla sua elasticità, il moto oscillatorio della macina, e fare che la farina acquisti maggiore o minor grado di finezza, in porporzione dell' accostamento delle macini. Coteste macini sono due cilindroidi, a basi concava e convessa rispettivamente, de' quali uno è fisso, mentre l' altro, fermato nella parte superiore dell' albero L della lanterna, gira insieme colla medesima.

A meglio descrivere la forma di questi cilindroidi, è destinata la fig. 11. ABCD è la macina fissa, ed EFGK è la macina mobile. Il cilindroide ABCD è rilevato per l' altezza A*a*; l' altro EFGK è scavato per l' altezza E*a*. Le superficie MEKN concava, MADN convessa, sono l' una all' altra sovrapposte, ma non a contatto; mentre lo spazio fra il concavo della macina mobile, ed il convesso dell'immobile, è maggiore verso il centro, e va diminuendo verso gli orli. Il grano s' intromette per di sopra in I, fra queste due superficie e insinuandosi in cotesto spazio rimane stritolato tra le due macini, nè prima scappa dagli orli, che è ridotto in farina.

57. Rilevasi da questa brevissima descrizione, che i mulini di che si tratta, sono un sistema di due assi nella ruota: nel primo la potenza è la forza dell' acqua contro la ruota verticale AB (fig. 10), e la resistenza è lo sforzo de' denti della ruota EF, contro i fusi della lanterna G; nel secondo cotesto sforzo costituisce la potenza, mentre la resistenza

è quella qualunque che oppone il grano ad essere triturato. Sì fatta resistenza ognun vede essere l'attrito che soffre la macina rotante dal grano che si tramezza fra essa e l'immobile. Questo genere d'attrito è diverso da quelli fino ad ora sperimentati, e de' quali si conosce il cofficiente; sull' appoggio di quelle sperienze, possiamo supporre, che anche quest' attrito sia indipendente dalla velocità di rotazione della macina: vedremo poscia come le sperienze sui mulini, ci conducono a determinarne il coefficiente.

Intanto esaminiamo in qual punto debbesi intendere applicata cotesta forza, o sia determiniamo il centro di cotesta resistenza. Potremo presupporla eguale in tutti i punti della superficie coperta dalla macina; giacchè, sebbene ne' punti più vicini al centro l'intervallo fra le due macini sia maggiore, ivi però il grano è più grosso, e ne' più lontani ove l'intervallo diminuisce il grano vi arriva già trito e ridotto a mole più piccola; onde proporzionandosi l'ampiezza degli intervalli alla mole de' granelli, pare che la forza debba rimanere la stessa. Se ciò è, possiamo riguardare la resistenza che oppone il grano ad essere macinato, siccome una forza uniformemente distribuita su tutta la superficie ABD (fig. 12) del cilindroide immobile, e così la resistenza di un settore elementare CD*d*, potrà riguardarsi siccome la risultante delle resistenze de' diversi punti della sua superficie: ora l'attrito che soffre ciascun punto di questo piccolissimo triangolo, siccome provviene dalla rotazione che si fa attorno al punto C, può considerarsi come una forza normale al raggio CD, e quindi può dirsi, che tutte queste forze sono fra loro parallele; dunque la risultante delle resistenze appartenenti al settore CD*d*, sarà eguale alla loro somma, ed applicata al centro G di gravità di esso settore: ma il centro di gravità del triangoletto AD*d* è distante dal centro C li $^2/_3$ del raggio della macina; dunque l'attrito che soffre ciascun elemento della superficie ABD è applicato ad un punto distante dall'asse di rotazione per $^2/_3$ del raggio della macina. Ciò stesso dee dirsi di tutti gli elementi di quella superficie; di modo che, descritta la periferia FGH col raggio $CG = {}^2/_3 CD$ sarà questa la linea descritta dal centro cercato di resistenza, e potrà dirsi che il braccio di leva dallo sforzo che oppone il grano ad essere macinato è $= {}^2/_3$ del raggio della macina.

58. Sia ora *a* il raggio della ruota AB (fig. 10) corrispondente al centro di resistenza; *b* quello della ruota EF; *c* quello della lanterna G; *e* quello della macina I; *r* quello degli assicelli C; ed *r'* quello del perno H. Dicasi in oltre P il peso dell'albero D e sue ruote; e P' il peso della macina e sue appendici. Chiamata finalmente F la forza della corrente contro la ruota AB; X lo sforzo del dente della ruota

EF contro il fuso della lanterna G; e Q la resistenza che oppone il grano alla macina; è manifesto, che lo sforzo F agente col braccio di leva a debbe vincere, non solamente la resistenza X agente col braccio di leva b (1), ma ben anche l'attrito che si fa sugli assicelli C, il quale ha per braccio di leva r. Quest'attrito è veramente prodotto da una pressione verticale $= P$, e da una pressione orizzontale $= F + X$; cosicchè la vera pressione sofferta da questi assicelli è $= \sqrt{[P^2 + (F + X)^2]}$: noi però la calcoleremo alquanto maggiore, e la porremo $= P + F + X$; di modo che, detto f il coefficiente dell'attrito degli assi C, sarà esso $= f(P + F + X)$. Avremo dunque

$$Fa = Xb + fr(P + F + X)$$

per l'equazione del moto equabile del primo asse della ruota, appartenente al nostro mulino.

Pel secondo di questi assi, lo sforzo X col braccio di leva c, debbe vincere la resistenza Q agente col braccio di leva $^2/_3\ e$ (n°. 57), più gli attriti del perno H. Due sorta d'attriti soffre questo perno; uno sulla base, la quale essendo formata a guisa di un cono rovescio, soffre un attrito $= fP'$, che al par di quello della macina, agisce col braccio di leva $= {}^2/_3\ r'$; l'altro sulla sua soperficie convessa, la quale essendo premuta dallo sforzo X contro le pareti della bronzina entro cui gira, soffre un attrito $= fX$, che agisce col braccio di leva r'. Avremo dunque

$$Xc = {}^2/_3\,Qe + r'f({}^2/_3\,P' + X)$$

per l'equazione del moto equabile del secondo asse HI.

Da queste due equazioni eliminando H avremo la relazione fra la potenza F e la resistenza Q; e potremo anche conoscere a qual parte

---

(1) Il Belidor nel tomo I. della sua Architettura Idraulica §. 290 ci dà questa regola; che quando alzasi un peso, o si vince una resistenza, per mezzo di una ruota dentata i cui denti s'ingranano coi fusi di una lanterna, per calcolare l'attrito del dente bisogna accrescere cotesta resistenza, o il suo braccio di leva, d'una diciottesima parte. Cotesta regola però è giusta, e viene egregiamente dimostrata dal Venturoli all'art. 726 della sua meccanica, nella sola ipotesi, che il coefficiente dell'attrito sia $f = \frac{1}{6}$: ma poichè, per quanto deducesi dalle Tavole inserite dal Navier, alla nota (al) dell'art. 225 del Belidor, il valore di f non eccede guari $\frac{1}{6}$; così quella regola si convertirebbe in quest'altra, di accrescere cioè la resistenza ed il suo braccio di leva, nel rapporto di 1 : 1,005. Soggiungo quindi col Navier (nota (ax)), che questo aumento è sì piccolo, da non assoggettarsi a calcolo veruno; dunque il braccio di leva dello sforzo X è $= b$.

del peso P′ corrisponde cotesta resistenza, se sia dato di determinare esattamente il valore di F.

L'eliminazione della quantità X ci conduce all'equazione

$$\frac{F(a-fr)-frP}{b+fr} = {}^{2}/_{3}.\frac{Qe+fr'P'}{c-fr}.$$

E quando F sia esattamente determinato, posto

$$N = {}^{3}/_{2}.\frac{(c-fr)[(a-fr)F-frP]}{b+fr},$$

si avrà $Qe+fr'P' = N$. Pongasi $Q = f_1.P'$; risulterà

$$(H) \qquad f_1 = \frac{N-fr'P'}{P'e},$$

e così si conoscerà a qual parte del peso P′ corrisponda lo sforzo Q che oppone il grano ad essere macinato; ed in altri termini, si conoscerà il coefficente dell'attrito della macina. Procacciamo a cotesta determinazione, per via di alcune sperienze.

59. *Sperienza* I. Il Belidor, all'art. 648 del T. I. della sua Architettura Idraulica, ci riferisse le misure di un mulino da esso lui esaminato, onde conoscere il coefficente f: ecco i dati di questa sperienza.

Il raggio della ruota AB (fig. 10.), calcolato dal centro del moto fino al centro di resistenza, era di 8 piedi di Parigi = met. 2,5957; il raggio della ruota EF era di piedi 4 = met. 1,2994; il raggio degli assicelli C era di nove linee = met. 0,0203; il raggio della lanterna era di nove pollici = met. 0,2436; il raggio della macina era di piedi 3 = metri 0,9745; ed il raggio del perno H era di 3 linee = = met. 0,0068. Il peso dell'albero D e sue appendici, fu dal Belidor determinato, cercando a quanti piedi cubi equivaleva il suo volume; e poscia moltiplicando questi piedi cubi per 60 libbre = chil. 29,37, peso di un piede cubo di rovere, che tale era il legno di quest'albero: il peso che ne risultò fu di libbre 3015 = chil. 1475,86. Il peso della macina, fu del pari determinato moltiplicando il suo volume pel peso di un piede cubo della materia di che era formata: cotesto peso fu sperimentato dal Belidor equivalere a lib. 110 = chil. 53,85, ed il peso della macina risultò di libbre 4148; unito a questo peso quello della lanterna G, e dell'albero L, computato di lib. 200, risulta il peso totale della macina e suo corredo di libbre 4348 = chil. 2128,37. Calcoleremo il coefficiente f dell'attrito degli assi, che è un attrito di terza specie,

facendo $f = 1/7$, valore veramente minore di quello adoperato dal Navier, che lo fa $= 1/5$: ma il Navier, per determinare cotesto coefficente, ci rimanda alle tavole da lui inserite nella nota $(a\ l)$; e per vero dire quella di coteste tavole, che si riferisce all' attrito degli assi, più conferma il valore di f da noi adottato che non quello da lui calcolato. A questi dati aggiungeremo, che la superficie delle ale battuta dalla corrente, era di due piedi e 2 pollici quadrati = met. quad. 0,2125. L'altezza della caduta dell' acqua che urtava la ruota A B fu trovata di piedi 5 = met. 1,6242; onde la velocità dovuta a quest' altezza, è di met. 5,6445. Cotesta ruota compieva 10 rivoluzioni in 60 secondi; essendo dunque la sua circonferenza di met. 16,3282, ne risulta una velocità di met. 2,7214.

La forza F dell' acqua contro la ruota, viene determinata mercè la formola

$$F = m\,A(V - v)^{1,33}$$

del n°. 20, nella quale debbe farsi $A = 7/6 . 0,2125 = 0,2479$; $m = 141,135$; $V = 5,6445$; $v = 2,7214$; e perciò si avrà $F = 34,9874\,(2,9231)^{1,33}$ = chil. 145,7085. Di qui adunque risultano le seguenti denominazioni

$$a = 2,5987;\ b = 1,2994;\ c = 0,2436;\ e = 0,9745;\ r = 0,0203;$$

$$r' = 0,0068;\ P = 1475.86;\ P' = 2128,37;\ F = 145,7385;\ f = 1/7.$$

Fatte le opportune sostituzioni, risulta $N = 104,4923$; e l'equazione H ne dà $f_1 = \frac{102,3640}{2074,0966} = 0,049$; o sia $f_1 = 1/20$ circa; dunque la resistenza che oppone il grano ad essere macinato, è circa un ventesimo del peso della macina e suo corredo. Il valore della resistenza Q, sarà dato dall'equazione $Q = \frac{N - fr'P'}{e}$; e perciò si avrà Q = chil. 105,0426.

Volendo conoscere quanta parte dello sforzo F viene impiegata a vincere le resistenze, basta osservare, che prescindendo dagli attriti, la relazione fra F e Q è $F = 2/3 . \frac{be}{ac} . Q$: ma dai dati precedenti abbiamo $\frac{be}{ac} = 2$; sarà dunque $F = 4/3\,Q$ = chil. 140,0568. Essendo effettivamente F = chil. 145,7085, si vede, che a vincere le resistenze viene impiegato uno sforzo di chil. 5,6517; vale a dire si consuma $1/26$ dello sforzo totale F. Quanto a chil. 2,1356 di questa parte dello sforzo F, sono impiegati a vincere l'attrito degli assicelli C; il rimanente è consumato dall' attrito dell' asse della macina.

60. *Sperienza* II. Nel 1815, io stesso esaminai qui in Bologna un mulino dello stesso genere di quello esaminato dal Belidor; ed eccone le misure ed i calcoli, che ora correggo dietro le teorie precedenti.

Il raggio della ruota AB, in misura bolognese, era di piedi 3:8:6 = metri 1,4095; quello della ruota EF era di piedi 2:6 = m. 0,9502; quello della macina era di piedi 1:9 = metri 0,6652; quello della lanterna di once 4 e punti 9 = metri 0,1505; quello degli assicelli C di punti 11 = met. 0,0290; e quello del perno H di punti 3 = met. 0,0079. La macina era di *Travertino*; e un metro cubo di questa pietra pesa chil. 2483,53: calcolato il volume di questo cilindroide, ed unito al suo peso quello dell'albero L e della lanterna G, trovai il peso totale della macina e sue appendici di chil. 1298,71. Ripetuto questo calcolo per l'albero D e suo corredo, trovai corrisponderle un peso di chil. 1351, 15.

Per calcolare lo sforzo F, vediamo in qual modo la corrente agiva contro la ruota. Introdotta l'acqua come per uno *sfioratore*, nel canaletto artefatto DEFG avente il fondo AB inclinato all'orizzonte, siccome lo mostra la fig^a. 13; discendeva essa pel piano AB, terminato il quale incontrava tosto le pale della ruota. Poichè cotesto canale, dall'origine DG sino allo sbocco EF, sempre si restringe, così l'altezza della corrente fu maggiore ov'era più stretta la sezione, e viceversa; si trovò quindi AM = piedi 1:9 = metri 0,6652; BN = piedi 2:2 = met. 0,8235 La larghezza della sezione DG era di piedi 3:5 = met. 1,2987; e quella della sezione EF era di piedi 1:2 = met. 0,4434. Ora la velocità dell'acqua nella sezione GD è dovuta a $^4/_9$ dell'altezza AM o sia è dovuta ad un'altezza di metri 0,2956; sarà dunque la velocità media u della corrente, nella sezione AM = met. 2,4077, calcolata alla latitudine di Bologna: ma le velocità sono nella reciproca delle sezioni; starà dunque $V:u :: AM.DG:BN.EF$, e però si avrà $V = \frac{AM.DG}{BN.EF}.u$; fatto il calcolo si trova V = met. 5,6964.

La ruota AB (fig. 10), compieva 15 giri ad ogni minuto primo; e poichè la sua circonferenza era di met. 8,856, così si avrà $v = {}^1/_4.8,856 = 2,2140$. L'area della palmetta battuta dalla corrente era di un piede e 21 once quadrate = met. quad. 0,1655; sarà dunque $A = {}^7/_6.0,1655$ = met. quad. 0,1931. Avremo quindi $V - v = 3,4824$; $mA = 27,2532$; e però F = chil. 143,2564. Di qui le seguenti denominazioni

$a = 1,4095$; $b = 0,9502$; $c = 0,1505$; $e = 0,6652$; $r = 0,0290$;

$r' = 0,0079$; $P = 1351,15$; $P' = 1298,71$; $F = 143,2564$; $f = {}^1/_7$.

Le formole del n°. 58 ci daranno $N = 46{,}3632$; $f_1 = \frac{44{,}8975}{863{,}9019} = 0{,}052$; e quindi, anche per questo mulino, sarà $f_1 = 1/20$ circa. Il valore dello sforzo Q risulta $= \frac{44{,}8975}{0{,}6652}$; e però Q = chil. 67,4947.

Per conoscere, anche in questa sperienza, qual parte della forza F viene consumata a vincere le resistenze, ricorreremo all'equazione $F = 2/3 . \frac{be}{ac} . Q$, la quale, fatte le opportune sostituzioni, ci dà F = chil. 134,0716: ma è effettivamente F = chil. 143,2564, avvi dunque un consumo di forza equivalente a chil. 9,1848, o sia ad 1/16 circa dello sforzo F, per vincere tutte le resistenze. Di questo sforzo, quanto a chil. 4,9340 sono impiegati a vincere l'attrito degli assicelli C; il rimanente misura l'attrito dell'asse della macina.

61. *Sperienza* III. Riporteremo per terza sperienza un mulino esaminato dal Lambert (*Académie Royale de Berlin* 1775), sul quale non potendo instituire i calcoli precedenti per mancanza di dati, ci contenteremo di determinare il valore di f_1 dietro i risultamenti dello stesso Lambert, siccome ha fatto il Navier alla nota (*ds*).

La ruota di questo mulino aveva un diametro di quindici piedi; le pale erano larghe pie. 8 1/3 ed alte piedi uno, e pescavano nella corrente per tutta la loro altezza. Adunque il diametro della ruota, corrispondente al centro di resistenza, era di pie. 14 = m. 4,3932 (queste misure si riferiscono al piede del Reno), e l'area battuta dalla corrente era pie. quad. 8 1/3 = m. q. 0,8201. Il canale entro il quale muovevasi la ruota aveva una larghezza più che doppia di quella della ruota, e l'acqua al disotto della ruota aveva più di due piedi di profondità, giacchè veniva destinata a dar movimento ad altre tre ruote. Si vede adunque che cotesto mulino più appartiene a quelli mossi da un fluido indefinito, che a quelli animati da un canale angusto: per questo motivo faremo uso delle formole del n.° 12, ponendo A = 3,8 1/3 = m. q. 2,4603 nella formola $F = m A (V - v)^{1{,}33}$ il valore di *m* calcolato per la latitudine di Berlino, sarà *m* = 50,9578. La velocità della corrente era di pie. 14,1605 = m. 4,4435; quella della ruota era di pie. 8,7 = m. 2,7301; sarà dunque V—*v* = 1,7134, e però F = chil. 256,58.

Giusta i calcoli del Lambert, questa forza, avuto riguardo agli attriti, e ridotta ai 2/3 del raggio della macina, diminuisce nel rapporto di 371:135; starà dunque F:Q :: 371:135; e però si avrà Q = chil. 93,36. Le due macini che il mulino faceva girare pesavano insieme 3300 lib.

di Berlino = chil. 1543; sarà dunque $f_1 = \frac{Q}{P'} = \frac{93,36}{1543} = 0,06$, vale a dire, la resistenza che oppone il grano ad essere triturato, è presso a poco $^1/_{17}$ del peso delle macini.

62. *Sprienza* IV. Il Lambert, in un' altra Memoria inserita nel citato volume dell' Accademia di Berlino, prende ad esaminare un mulino mosso da una ruota del genere di quelle da noi calcolate al n.° 55; e dai dati da esso lui riportati possiamo ricavare le seguenti conseguenze.

Calcolando lo sforzo della corrente contro la ruota del mulino giusta la teoria del n. 55, si ha $F = 1000\ A\ (H - {}^1/_2 h) - p.\frac{z}{s}$. Dai dati del Lambert ricaviamo H = pie. 5:6 = m. 1,7259; h = pie. 1:4 = m. 0,4184; e però $H - {}^1/_2 h = 1,5167$. La larghezza delle palmette era di poll. 28 = m. 0,7322; la loro altezza nel senso del raggio era di poll. $6\,{}^1/_2$ = m. 0,17; sarà dunque A = m. q. 0,1245. Il peso dell'acqua spostato dall' arco della ruota contenuto nel canale, era di lib. 221 di Berlino = 103 chil.. Il rapporto dell' altezza verticale di quest' arco alla sua lunghezza, era quello di $4\,{}^1/_6 : 7\,{}^4/_5$. Si avrà dunque $p.\frac{z}{s} = 103.\frac{125}{234}$ = 55,0213; e però F = chil. 134 circa. Questo sforzo inteso applicato ai $^2/_3$ della macina, giusta i calcoli del Lambert, diminuisce nel rapporto di 214 : 90; avremo dunque F : Q :: 214 : 90, e perciò Q = chil. 56,35. Il peso della macina era quivi di lib. 1915 = chil. 896; essendo dunque $f_1 = \frac{Q}{P'} = \frac{56,35}{896}$, si avrà $f_1 = 0,063$; od in altri termini la resistenza che oppone il grano ad essere macinato è $^1/_{16}$ circa del peso della macina.

Non tralascierò di osservare, che calcolando lo sforzo F mercè la formola del n.° 49, modificata siccome insegnasi al n.° 55; il valore di f_1, più s'accosta a quello dato dalle due prime sperienze. Infatti, posto $F = 1000\ A\ (H - h) - p.\frac{z}{s}$, i dati precedenti ci daranno F = chil. 107,1624; che ridotto ad uno sforzo applicato ai $^2/_3$ della macina, diviene Q = chil. 45,32; dunque $f_1 = \frac{45,32}{896}$ ci dà $f_1 = 0,05$; o sia $f_1 = {}^1/_{20}$ circa.

63. *Osservazione*. Il Navier nella citata nota (*ds*) trova per la I^a. sperienza $f_1 = {}^1/_{32}$, e per la terza, $f_1 = {}^1/_{25}$: ciò proviene da due cagioni;

1.ª da alcune inesattezze sfuggite ne'suoi calcoli; 2.ª e dal modo di calcolare la forza F, e l'attrito f. Dell'attrito f abbiamo già parlato al n.° 59. In quanto alla prima di queste cause, farò osservare solamente, che l'area della palmetta battuta dalla corrente, che il Belidor la trova di pie. 2 e poll. 2 quadrati di Parigi, non corrisponde già a m. q. 0,2286 siccome vuole il Navier, ma a m. q. 0,2125 siccome risulta da calcoli più esatti. In quanto alla forza F, il Navier la calcola mercè la formola $F = {}^2/_3\ 1000\, W \frac{(V-v)v}{g} = 67{,}9662\, W(V-v)v$; e questa abbiamo già veduto al n.° 19, quanto mal regga coi risultamenti delle sperienze del Bossut; oltre di che, il Navier calcola la velocità della corrente, come scorresse per un tubo addizionale; e vuole che il rapporto fra l'area della luce del serbatoio a quella della vena contratta sia = 0,67, per cui ne deduce $V = 0{,}89\sqrt{29\,H}$: ma anche su ciò abbiamo detto abbastanza al n.° 32; e qui aggiungeremo solamente, che siccome le corsie de' mulini sogliono essere alquanto inclinate, così non si allontanerà guari dal vero, calcolando la velocità della corrente dietro la sua caduta, siccome fanno il Belidor ed il Lambert.

Possiamo quindi concludere da queste quattro sperienze, che la resistenza che oppone il grano ed essere macinato è circa ${}^1/_{20}$ del peso della macina e suo corredo: nè i risultamenti di coteste sperienze sono fra loro cotanto diversi, come lo sono ne' calcoli del Navier, che anzi li possiamo riguardare siccome uniformi, attese le incertezze in che siamo, per mancanza di opportune osservazioni, nel calcolare l'azione dell'acqua e l'influsso degli attriti nelle macchine. Il Navier, ad onta delle incontrate differenze conclude, che si debbe calcolare la resistenza del grano, ridotta ai ${}^2/_3$ del raggio della macina, siccome equivalente ad ${}^1/_{22}$ del peso della medesima: ma vedremo fra poco, quand'è che avrà luogo cotesto rapporto.

CAP. II.

Teoria e sperienze sui mulini da grano, mossi da ruote orizzontali.

64. I mulini a ruota orizzontale sono rappresentati dalla fig. 14. Ritenute le denominazioni del n. 58, avremo per questi mulini, che la forza F intesa applicata al centro delle palmette della ruota AB, e che per conseguenza debbe agire col braccio di leva a; vincerà la resistenza Q che opera sul braccio di leva ${}^2/_3\ e$, non meno che gli attriti cui soggiace il perno H.

Per calcolare cotesti attriti, conviene rammentarsi, che l'impulso della corrente contro la ruota, si decompone in due forze F, F′ la prima orizzontale, e cioè nel senso del moto della ruota, la seconda verticale, e cioè parallela al peso P′ della macina e suo equipaggio (n.° 35). Avremo dunque, che il perno H soffre un attrito nella sua base $= f(P' + F')$ che agisce col braccio di leva $^2/_3\, r'$; ed un attrito nella sua superficie convessa $= f \cdot F$, che agisce col braccio di leva r'; si avrà quindi fra F e Q la relazione

$$F a = {}^2/_3\, Q e + f r' [{}^2/_3 (P' + F') + F].$$

Posto $Q = f_1 \times P'$, risulterà

$$f_1 = \frac{3F(a - f r') - 2 f r' (P' + F')}{2 P' e}.$$

65. *Sperienza* I. Per determinare il coefficiente f_1, anche per questi mulini ci serviremo della sperienza del Fabre di cui abbiamo parlato al n.° 37, dalla quale abbiamo i dati seguenti (1).

Il raggio della ruota AB corrispondente al centro d'impressione, era di pie. 2:2 di Parigi = m. 0,7038; il raggio della macina era di pie. 2:6 = m. 0,8121; e quello del perno H era di sei linee = m. 0,0135. Il peso della macina e sue appendici era di lib. 3990 = chil. 1953,1249. Le ali della ruota AB non ricevevano l'urto direttamente, siccome sarebbe stato necessario pel massimo effetto di questa forza (n.° 35); ma la vena fluida era inclinata all'orizzonte con angolo di 14°:35′, ed al piano dell'ala con angolo di 84°:25′. La sezione di questa vena era di 30 pollici quadrati = m. q. 0,02198; e la sua velocità era di piedi 28,3 = m. 9,1929. La ruota, in un colla macina, faceva 48 giri ad ogni minuto primo; onde, essendo la sua circonferenza di m. 4,4221, risulta che la velocità della ruota era di m. 3,5377. Dal citato n.° 35 abbiamo le formole

$$F = m A \sin.(\alpha - \beta) [V \sin. \alpha - v \sin.(\alpha - \beta)]^2;$$

$$F' = m A \cos.(\alpha - \beta) [V \sin. \alpha - v \sin.(\alpha - \beta)]^2;$$

per le quali sarà $m \frac{1000}{g} = 101,9493$ (n.° 38), A = 0,02198; $\alpha =$

(1) *Essai sur la maniere la plus avantageuse de construire les Machines hydrauliques* ec. art. 390, pag. 233.

$84°:25'$; $\beta = 14°:35'$; $\alpha - \beta = 69°:50'$; $V = 9{,}1929$; $v = 3{,}5377$. Fatte le opportune sostituzioni risulterà F = chil. 71,4554; F′ = chil. 26,2429

Di qui le seguenti denominazioni

$$a = 0{,}7038;\ e = 0{,}8121;\ r' = 0{,}0135;\ P' = 1953{,}1249;$$

$$F = 71{,}4554;\ F' = 26{,}2429;\ f = {}^1/_7,$$

che ne danno $f_1 = \frac{142{,}8289}{3172{,}2655} = 0{,}045$. Sarà dunque $f_1 = {}^1/_{22}$ circa, o sia la resistenza che oppone il grano ad essere macinato, è $^1/_{22}$ del peso della macina e suo equipaggio. Essendo poi $Q = f_1 . P'$, si troverà Q = chil. 87,89.

Possiamo in oltre osservare, che prescindendo dagli attriti, la forza F che fa equilibrio allo sforzo Q, è $F = {}^2/_3 . \frac{e}{a} Q$ = chil. 67,6058: sonovi adunque chil. 3,8496, o circa $^1/_{19}$ della forza F impiegato a vincere le resistenze.

66. *Sperienza* II. Riferirò quivi le misure, e l'analisi di un mulino corredato di una ruota orizzontale così detta a catini (n.° 46), il quale trovasi ne' contorni di Bologna, e fu da me osservato l'anno 1823. Il Belidor asserisce, che sì fatte ruote sono adoperate in Provenza e nel Delfinato, per le grandi cadute di cui può disporsi in cotesti paesi. Le pale di queste ruote non sono altrimenti piane, ma rappresentano un quarto di superficie sferica, che riceve l'impressione della corrente.

Nel mulino ch'io imprendo a descrivere, la sezione della vena era poco minore dell'area di ciascun ritrecino, onde non può prendersi per m il valore di $\frac{1000}{g}$ adoperato nella sperienza precedente, non l'altro $\frac{375}{g}$ (n.° 39), che ha appunto luogo quanto l'area urtata eccede di poco la sezione della vena, giacchè la curvatura del ritrecino debbe, a somiglianza del bordo del Morosi, accrescere la forza dell'acqua. Non saprebbesi quindi qual valore attribuire al coefficiente m, il perchè adopereremo noi cotesta sperienza all'oggetto di mostrare l'influsso della curvatura di que' ritrecini.

Giusta il risultamento della sperienza precedente, calcoleremo lo sforzo che oppone il grano ad essere macinato, eguale ad $^1/_{22}$ del peso della macina e sue appendici. Porremo quindi nell'equazione del n.° 64, $Q = \frac{P'}{22}$, e cercheremo il valore di F.

E qui è da avvertire, che nelle formole che determineremo gli sforzi F, F′ (n.° 35) conviene fare per questo mulino, $\alpha = 90°$, $\beta = 45°$; per cui risulta

$$(1) \qquad F = F' = m\,A \sin.\beta\,(V - v \sin.\beta)^2 .$$

L'equazione del n°. 64, ci dà $F = 2.\dfrac{Qe + fr'P'}{3a - sf'r}$; posto $Q = \dfrac{P'}{22}$, si avrà

$$(2) \qquad F = {}^1/_{11}\,P'.\frac{e + 22fr'}{3a - sf'r}.$$

Dal confronto di questi due valori di F, avremo con che determinare il coefficiente m, unico scopo di questa sperienza.

Il raggio della ruota AB, corrispondente al centro di ciascun ritrecino, era di m. 0,515, il raggio della macina era di m. 0,66; e quello del perno H, di m. 0,015. La pietra che costituiva il cilindroide della macina rotante, era del peso di chil. 2673, per ogni metro cubo, ciò fu da me appositamente sperimentato, sopra un pezzo di quella pietra che rinvenni nel mulino. Fatti pertanto i calcoli de' volumi delle parti costituenti cotesto mulino, trovai che la macina e sue appendici, pesava chil. 1220,7722. Posto adunque

$$a = 0{,}515;\ e = 0{,}66;\ r' = 0{,}015;\ P' = 1220{,}7722;\ f = {}^1/_7,$$

la formola (2) ne dà F = chil. 51,1461. Vediamo ora quali dati abbiamo per la formola (1). La caduta dell' acqua era di met. 2,63; corrisponde a questa caduta una velocità di m. 7,1815 sotto la latitudine di Bologna. La periferia della ruota corrispondente al centro di resistenza, era di met. 3,2358; e siccome faceva 86 giri al minuto primo, così la velocità della ruota era di met. 4,6380. L' area della sezione della vena era di metri quad. 0,0728; l' area di ciascun ritrecino era di metri quad. 0,1194, e perciò poco maggiore della precedente. Posto adunque

$$V = 7{,}1815;\ v = 4{,}6380;\ \sin.\beta = 0{,}7071;\ A = 0{,}0728;$$

l' equazione (1) ne darà $F = 0{,}7678\,m$. Sarà dunque $0{,}7678\,m = 51{,}1461$; e perciò $m = 66{,}6138$. Cotesto valore di m corrisponde all' urto di una vena acquea il quale sia misurato dal peso di un prisma d' acqua, che avendo per base la sezione della vena, abbia un' altezza circa ${}^4/_3$ di quella dovuta alla velocità dell' urto. Rimane per tal modo dimostrato

quanto sia l'influenza della curvatura de' ritrecini; mentre se questi avessero presentata alla corrente una superficie piana pochissimo maggiore dell'area della sezione il valore di *m* corrisponderebbe ad un cilindro acqueo la cui altezza è solo $^3/_4$ di quella dovuta alla velocità dell' urto.

Avremo pertanto, che lo sforzo che oppone il grano ad essere macinato, è in questo mulino Q = chil. 55,4896. A vincere questo sforzo, prescindendo dagli attriti, basterebbe una potenza di chil. 47,4081: ma lo sforzo che esercita la corrente è di chil. 51,1461; viene adunque consumato uno sforzo di chil. 3,7380, per vincere le resistenze; e però l' attrito della macina consuma $^1/_{14}$ circa dell'azione della potenza F.

Da queste due sperienze possiamo quindi concludere, che ne' mulini a ruote orizzontali, e senza intervento di ruote dentate, od altro; la resistenza che oppone il grano alla macinazione, è circa $^1/_{22}$ del peso della macina e sue appendici.

Nel capo seguente, in cui tratterremo dello stabilimento de' mulini, faremo uso di questo, e del risultamento ottenuto al n°. 63.

CAP. III.

Dello stabilimento de' Mulini da grano.

67. Nel presente Capitolo mi propongo di mostrare, dietro la scorta degli egregi Belidor, Navier, Fabre, Bucquet ec., quali sono i principj su cui è fondato lo stabilimento de' mulini; e quali operazioni debbono precedere la costruzione di un mulino da grano. E cominciando da queste ultime dirò, che prima di costruire un mulino conviene livellare l'acqua di che debbe disporsi, per conoscere a quale altezza si potrà essa portare, mercè di una chiusa o pescaia qualunque, massimamente se la caduta naturale della medesima sia molto scarsa, siccome avviene quando vogliasi eriggere un mulino sopra un canale, o dietro la ripa di un fiume. Cotest' altezza non può essere minore di m. 1,20, sopra la soglia del mulino.

Da sì fatta livellazione si conoscerà in qual sito debbe collocarsi il mulino, onde profittare utilmente della caduta senza nuocere agli edifizi vicini. Si avverta però di fare queste indagini in tempo in cui l' acqua scarseggia; mentre potrebbe avvenire che in questo tempo non fosse sufficiente ai bisogni del costruito mulino, se lo scandaglio dell'acqua fosse stato fatto in tempo non penurioso: non pertanto si dee trascurare di conoscere lo stato delle acque nelle stagioni piovose; giacchè allora è mestieri divertire l'acqua superflua. Si calcolerà quindi la

portata dell'acquedotto in ogni stato del medesimo, da cui avrassi un elemento necessario nello stabilimento del mulino.

Ho detto che conviene divertire l'acqua superflua. A questo scopo ogni mulino è corredato di uno sfioratore, od emissario a fior d'acqua, il quale essendo praticato in una delle sponde laterali dell' acquedotto, sottrae dal medesimo il di più dell' acqua necessaria al mulino.

Quando l'acqua abbia una naturale caduta di qualche metro, può essa portarsi alla sommità di una ruota a cassette, e con questa dar moto al Mulino. Oppure con una doccia inclinata può portarsi ad urtare una ruota orizzontale, cercando che le palmette ricevano l' urto direttamente. Insomma conviene molto studiare sul modo più vantaggioso di condurre quest' acqua al mulino; mentre sono io d' avviso, che potendo procurarsi un carico sufficiente, il miglior modo sia quello di adoperare un tubo orizzontale, fermato stabilmente nel fondo del serbatoio, e con questo condurre l'acqua contro una ruota orizzontale, nel modo che insegna il Morosi (n.° 46).

68. Abbiamo detto (n.° 56), che le macine sóno due cilindroidi a basi concava e convessa, e formate a foggia di un cono: dirò quale altezza suol darsi a questo cono: Il Fabre dice, che l'altezza del cono di rilievo, appartenente alla macina fissa, è arbitraria, e suol tenersi al disotto di un pollice (m. 0,027). Quanto all' altezza dello scavo della macina rotante, viene dal Fabre determinata geometricamente, e risulta eguale all' altezza precedente più il doppio del diametro di un granello di frumento (1); vedremo più avanti che i nostri calcoli conducono ad un risultamento minore. Il Belidor c' insegna che nelle macine di 6 piedi di diametro (m. 1,949), il cilindroide mobile suol avere un incavo dell' altezza di un pollice (m. 0,027) nel centro; ed il cilindroide fisso suol avere un rilievo di 9 linee d' altezza (m. 0,0203), pure presso il centro (2): la differenza di queste due altezze, che è di m. 0,0067, è certamente maggiore del doppio della grossezza di un granello. Che che sia di queste misure, egli è certo che le macine, sovvrapposta l' una all' altra, non si toccano; e intromesso il grano fra le medesime, non comincia ad essere schiacciato, se non a qualche distanza dal loro centro. Ecco come io determino cotesta distanza.

Sia E (fig. 15) il punto ove il grano comincia ad essere schiacciato: è chiaro che quivi opporrà la maggior resistenza, e questa andrà

---

(1) Opera citata, articoli 263 e 396.
(2) *Architecture* ec. T. I. art. 635.

sempre scemando a misura che diminuisce di mole, e che più s' accosta agli orli della macina. Sarebbe impossibile il determinare esattamente con qual legge diminuisce cotesta forza dal punto E al punto B. Rappresentando con EF la resistenza del grano intero, e con BH quella della farina, cotesta legge delle resistenze verrebbe espressa da una curva F *e* H cui sarebbe difficile determinare la natura. Intanto egli è certo, che la risultante di queste forze debbe passare pel centro G di gravità dell' area E F *e* H B: ma poichè l' ordinate A *e* che passa per questo centro debbe trovarsi assai vicina all' ordinata che passa pel centro di gravità del trapezio EFHB, attesa la poca differenza fra queste aree; così potremo senza errore sensibile considerare le suddette forze siccome terminate alla retta F H, e rappresentare la loro risultante colla retta A Q, che passa pel centro di gravità del trapezio E F H G. Ora, poichè questa forza è d' altronde applicata ad un punto A distante dal centro C per $^2/_3$ del raggio C B (n.° 57), ne viene che la retta A Q rappresentante la risultante delle resistenze che oppone il grano ad essere macinato, sarà distante dal punto B di $^1/_3$ del raggio. Facciasi adunque A E $= x$; E F $= k$; B H $= ik$; A B $= {}^1/_3$ C B $= l$; si avrà M G $= {}^1/_3$ M N . $\frac{EF+2BH}{EF+BH} = {}^1/_3$ MN. $\frac{1+2i}{1+i}$: ma M N : $l+x$ :: MG : x; sarà dunque $\frac{MG}{MN} = \frac{x}{l+x}$, e però $\frac{x}{l+x} = {}^1/_3 . \frac{1+2i}{1+i}$. Di qui risulta $x = l . \frac{1+2i}{2+i}$. Inoltre $CE = CA - AE = 2l - l . \frac{1+2i}{2+i} = \frac{3l}{2+i}$: ma $3l =$ C B, raggio della macina rappresentato dalla lettera e; sarà dunque $CE = \frac{e}{2+i}$. (1). Lo spazio BE entro il quale succede la riduzione del grano in farina, è chiamato *corona di pressione*, e la sua larghezza è $EB = \frac{1+i}{2+i} . e$. L' area di questa corona è proporzionale alla superficie della macina. Infatti, cotest' area è $= \pi e^2 -$

(1) Il Fabre (art. 284) trova pel valore di CE l' espressione più complicata $CE = \frac{1}{3} e \left[2 - \frac{1}{1+i} (i - 1 \pm \sqrt{2(1+i^2)}) \right]$: ma questa è erronea, giacchè egli considera che l' ordinata A Q che passa pel centro di gravità del trapezio, divida per mezzo l' area del medesimo; lo che è falso.

$\pi \cdot \frac{e^2}{(2+i)^2} = \frac{3+2i+i^2}{(2+i)^2} \cdot \pi e^2$: ma πe^2 è la superficie della macina' e la quantità $\frac{3+2i+i^2}{(2+i)}$ è costante; dunque ec.

69. Il valore di i, che come ognun vede rappresenta il rapporto fra la resistenza del grano e quella della farina, viene determinato dal Fabre col seguente sperimento (art. 387).

In un mulino a ruota orizzontale, siccome quello descritto al n.° 64, fece scostare la macina mobile dalla fissa, sicchè la farina che ne usciva dovesse provare l'ultimo grado di polverizzamento, e mise a parte il risultamento di cotesta macinazione. Mutilò poscia la macina fissa, verso la sua circonferenza, di modo che fra le due macini esistesse un interstizio eguale al diametro di un grano di frumento; e fatto agire il mulino, il grano che uscì dalla macina era veramente trito, ma non ridotto in farina. La velocità della ruota fu trovata di pie. 18,48 = m. 6,0030. Dopo tutto questo fece egli ravvicinare le macini quanto era necessario perchè il grano sorta dalla macina già ridotto in farina, e sottopose all' azione del mulino, quella prima farina di già messa a parte, e che abbiamo detto dovea subire l' ultimo grado di assottigliamento. La velocità della ruota, fu allora di pie. 25,05 = m. 8,1372.

Il raggio della ruota, di questo mulino, era di pie. 1 : 9 = 0,5685; quello della macina era di poll. 25 = m. 0,6767; quello del perno H era di 5 linee = m. 0,0113; ed il peso della macina e sue appendici era di libbre 2120 = chil. 1037,25. La velocità della corrente era di pie. 31,4 = m. 10,2; e la sezione della vena, era di pie. quad. 0,14 = m. q. 0,0148. Questa vena era inclinata all' orizzonte con angolo di 12°:40'; ed il piano dell' ala faceva coll' orizzonte stesso un angolo di 73°:30'; dunque l' inclinazione della vena col piano dell' ala era di 86°:10'. Da questi dati risultano le seguenti denominazioni.

$$a = 0{,}5685\ ;\ e = 0{,}6767\ ;\ r' = 0{,}0113\ ;\ P' = 1037{,}75\ ;$$

$$f = 1/7\ ;\ V = 10{,}2;\ \alpha = 86°:10'\ ;\ \beta = 12°:40'\ ;$$

$$\alpha - \beta = 73°:30'\ ;\ A = 0{,}0148\ ;\ m = 101{,}9493\ ,$$

Dalle formole del n.° 64 abbiamo, per determinare la resistenza cercata,

$$Q = 3/2\ F \cdot \frac{a - f' r'}{e} - f r' \cdot \frac{P' + F'}{e}\ ;$$

in cui

$$F = m\,A \sin.(\alpha - \beta)\,[V \sin.\alpha - \nu \sin.(\alpha - \beta)]^2;$$

$$F' = m\,A \cos.(\alpha - \beta)\,[V \sin.\alpha - \nu \sin.(\alpha - \beta)]^2.$$

Per determinare la resistenza del grano intero, dovrà porsi in queste formole $\nu = 6{,}0030$; ed allorchè vorrà conoscersi la resistenza della farina si farà $\nu = 8{,}1372$. Per la prima di queste determinazioni risulterà

$$F = \text{chil. } 28{,}2812; \qquad F' = \text{chil. } 8{,}3767;$$

e quindi

$$Q = \text{chil. } 33{,}0650.$$

Per le seconda si avrà

$$F = \text{chil. } 8{,}1610; \qquad F' = \text{chil. } 2{,}4172;$$

e però

$$Q = \text{chil. } 7{,}7958.$$

Dunque, la resistenza del grano intero sta a quella della farina, come 330650:77958; o sia come 17:4, a un di presso: ma in generale cotesto rapporto è quello di $1:i$; sarà dunque $i = {}^4/_{17}$ (1).

Risulta da questa sperienza, e dalle formole del n.° 68, che il punto E in cui il grano comincia ad essere schiacciato, è distante dal centro C della quantità $CE = {}^{17}/_{38}\,e$, o sia ${}^{17}/_{38}$ del raggio della macina: e la corona di pressione è larga ${}^{21}/_{38}$ di questo raggio. Il Fabre (art. 395) trova l' una e l' altra di queste dimensioni, eguale alla metà del raggio: ma ciò in grazia degli errori poc' anzi notati.

70 Questi risultamenti conducono a determinare la quantità dello scostamento delle due macini, e quindi l'altezza del cono scavato nella macina rotante. Sia NI (fig. 11) la metà della macina mobile, CD la metà della fissa. Sia NL la larghezza della corona di pressione, onde abbiasi $NL = {}^{21}/_{38}\,e$. Pongasi $bK = x$, e $bD = h$; essendo $bN = e$; dicasi d il diametro di un granello di frumento. Sarà $x = Li + io + oP$: ma dai triangoli NLe, NbD abbiamo ${}^{22}/_{38}\,e : Li :: e : h$; sarà dunque $Li = {}^{21}/_{38}\,h$. Essendo i il punto in cui il grano comincia ad essere schiacciato, sarà $io = d$; e finalmente dai triangoli HON, KPo

(1) Il Fabre (art. 387.) trova $i = 0{,}1$: ma si osservi ch' egli calcola gli attriti indistintamente, col coefficiente $f = \frac{1}{3}$; e così una parte della forza F viene considerata siccome perduta a vincere cotesti attriti, mentre è applicata a vincere la reistenza del grano.

risulta $e:x :: {}^{17}/_{38}\, e : Po$, e però $Po = {}^{17}/_{38}\, x$. Sarà dunque $x = {}^{21}/_{38}\, h + d + {}^{17}/_{38}\, x$, o sia

$$x = h + {}^{38}/_{21}\, d.$$

Assegnato alla macina fissa il rilievo bD, siccome è stato detto al n. 68, la distanza DK sarà ${}^{38}/_{21}$ della grossezza del frumento o altra biada che vogliasi macinare. Questo risultamento è alquanto minore di quello del Fabre; e già abbiamo veduto (n°. 68) che il Belidor assegna alle macini uno scostamento maggiore del nostro, e di quello del Fabre. Forse che ripetendo le sperienze di quest'ultimo, sopra altri mulini di diverso genere, si verrebbe a determinare con maggiore esattezza, tutte le dimensioni fin qui calcolate.

71. Il peso della macina mobile e sue appendici, debb' essere proporzionale alla sua superficie. Infatti, osserva il Fabre (art. 374), che la quantità di grano sparso nella corona di pressione, debb' esser proporzionale all'area della medesima; e perchè ciascun grano sia premuto costantemente colla stessa forza, è necessario che il peso comprimente sia proporzionale al numero delle parti compresse, o sia, alla quantità di grano distribuita nella corona di pressione. Dunque l'area di questa corona, debb' essere proporzionale al peso della macina e suo corredo. Ma l'area della corona di pressione è proporzionale alla superficie della macina (n. 68) dunque il peso della macina e sue appendici, sarà proporzionale alla sua superficie. Vediamo colla scorta della sperienza, qual parte di questo peso debbe corrispondere ad ogni metro quadrato di superficie.

Nel mulino di La Fere esaminato dal Belidor (n°. 59) ciascun metro quadrato di superficie della macina era caricato di un peso di... chil. 713.

Nel mulino da me esaminato e calcolato (n°. 60), ogni metro quadrato di superficie della macina, pesa . . » 934

Nel primo mulino esaminato dal Lambert (n°. 61) cotesto peso era di . . . . . » 786

E nell'altro mulino (n.° 62) era di . . . » 893

Nel mulino del Fabre (n. 65), ogni metro quadrato di superficie della macina pesa . . . . . » 942.

e questo mulino, giusta le sue osservazioni (art. 389), agiva nel modo più vantaggioso. Allo stesso risultamento si perviene, calcolando il più piccolo peso cui possa assegnarsi alla macina per ottenere una buona farina; il quale dalle sperienze del Fabre (art. 392) risulta di lib. 1436 = chil. 703, essendo il diametro della macina di piedi 3 = met. 09745. Il Navier all'opposto è condotto ad un risultamento minore; ma egli ha

sbagliato gli elementi del calcolo, i quali sono diversi da quelli riportati dal Fabre e da noi quivi indicati [V. *la nota*(*di*)].

Nel mulino a ruota orizzontale da me calcolato al n. 66, ogni metro quadrato di superficie della macina, è gravato da un peso di chil. 892.

Prendendo un medio fra questi risultamenti, si può nella pratica stabilire, che il peso di una macina e sue appendici, debbe equivalere a chil. 860 per ogni metro quadrato di superficie.

72. Un elemento necessario nello stabilimento de' mulini, è la velocità della macina. Il Belidor (art. 638) prescrive, che per non riscaldare soverchiamente la farina, la macina debbe fare 60 rivoluzioni ad ogni minuto primo: ma egli parla di macini il cui diametro è tra i cinque ed i sette piedi; dunque la velocità di un giro per secondo, corrisponde ad una macina avente due metri di diametro. Si vede quindi che cotesto numero di rivoluzioni della macina, può variare, senza nuocere alla farina, col diametro della macina: cerchiamo adunque la velocità più conveniente, per quel punto della macina a cui corrisponde la resistenza del grano, o sia per quel punto la cui distanza dal centro è $^2/_3$ del raggio; e ciò faremo coll'infallibile scorta della sperienza.

Dall' indicato principio del Belidor risulta, che la velocità del centro di resistenza, per una macina di due metri di diametro, corrisponde a . . . . . met. 4,189

Nel mulino esaminato dallo stesso Belidor, la macina faceva 53 $^1/_3$ giri per ogni minuto primo, e poichè il raggio di questa macina era di met. 0,9745, il suo centro di resistenza era animato da una velocità di . . . . » 3,628

La macina del primo mulino da me esaminato, compieva 96 rivoluzioni al minuto primo; il suo raggio era di met. 0,6652, ed il centro di resistenza movevasi colla velocità di » 4,458

Nel primo mulino del Lambert, la macina faceva 25 giri nel tempo che la ruota ne faceva due: ma la ruota compieva ciascun giro in 5″,06; dunque i 25 della macina venivano compiti in 10″,12; essendo il raggio di questa macina poll. inglesi 22 = met. 0,5588, risulta pel centro di resistenza una velocità di . . . . . » 5,782

Pel secondo mulino dello stesso Lambert, essendo che la macina compieva due rivoluzioni e mezzo per 1″, ed aveva un raggio di poll. 22 $^1/_4$ = met. 0,5652; cotesta velocità era di . . . . . » 5,919

Nel mulino sperimentato dal Fabre, la macina compieva 48 rivoluzioni ad ogni minuto primo; il suo raggio era di met. 0,8121, e la velocità del centro di resistenza, di . » 2,721

Il Fabre ha appositamente sperimentato (art. 388), se questa sia la velocità più conveniente, o se possa aumentarsi, senza nuocere al prodotto del mulino: risulta dalle sue indagini, che il numero delle rivoluzioni della macina per lui adoperata, poteva aumentarsi da 48 fino a 61; e così la velocità può crescere da met. 2,721, fino a met. 3,458. Trovò egli una qualche alterazione nella farina, quando la macina compieva 68 giri al minuto primo, e quindi quando la velocità del suo centro di resistenza era di m. 3,855; e che quest' alterazione si faceva maggiore col crescere di cotesta velocità.

La macina del secondo mulino da me esaminato, compieva 86 rivoluzioni ad ogni minuto primo; essendo il raggio di questa macina m. 0,66 la velocità del centro di resistenza sarà di met. 3,963

Riferisce il Navier, nella nota citata, che la velocità di una macina ne' mulini di Basacle, giusta l'osservazione fatta dal signor Marivetz, era di . . . . » 6,090

Finalmente dai risultamenti ottenuti dal Fenwick, ai quali sembra che gl' Inglesi abbiano molta confidenza, si ha, che una macina di cinque piedi inglesi di diametro = m. 1,524, agisce nel modo più vantaggioso, quando compie 90 giri al minuto, e quindi quando il suo centro di resistenza è animato da una velocità di . . . . . » 4,788

Prendendo un medio fra tutte queste velocità, si può nello stabilimento de' mulini, partire da questo principio, che la velocità della macina corrispondente al centro di resistenza, equivale met. 4,5 al minuto secondo.

73. Dal sin qui detto si traggono facilissimamente le espressioni seguenti. Ritenute le denominazioni del n.° 69, e chiamato n il numero delle rivoluzioni della macina ad ogni minuto secondo, si avrà

$$n = \frac{4,5}{4/3\,\pi\, e} = \frac{1,074}{e};$$

il peso della macina e sue appendici, sarà espresso da

$$P' = 860\,\pi\, e^3 = 2721,776\, e^3 \text{ chil.}$$

la resistenza del grano ad essere macinato, o sia lo sforzo Q esercitato dalla macina ai $^2/_3$ del suo raggio, sarà

$$Q = \frac{P'}{20} = 136,0888\, e^3 \text{ chil.}$$

pei mulini composti di due assi nella ruota (n.° 63); è

$$Q = \frac{P'}{22} = 123{,}717\ e^2 \text{ chil.}$$

pei mulini semplici (n.° 66). Sarà finalmente l'effetto della macchina

$$Q\,u = 4{,}5 \times 136{,}0888\ e^2 = 612{,}3996\ e^2 \text{ chil.} \times \text{met.}$$

pei mulini della prima specie; e

$$Q\,u = 4{,}5 \times 123{,}717\ e^2 = 556{,}7265\ e^2 \text{ chil.} \times \text{met.}$$

per quelli della seconda.

74. Cerchiamo ora la quantità di farina che debbe produrre qualunque mulino, per ogni minuto secondo.

Nel mulino descritto dal Belidor, uno sforzo di chil. 105,0426 applicato ad un punto la cui velocità è di met. 3,628; e quindi un effetto di 381 chilogr. $\times$ met., macina in un'ora lib. 375 di farina, o siano chil. 183,6; in un secondo ne macinerà chil. 0,051, per cui si può dire che un effetto corrispondente a 1000 chil. $\times$ metr., produce . . . . . chil. 0,1338

Nel mulino da me esaminato, uno sforzo di chil. 67,4947 applicato ad un punto la cui velocità è di met. 4,458; e quindi un effetto di 300,9 chil. $\times$ met., macina lib. 9600 di farina al giorno; o siano chil. 0,0402 al 1″; dunque un effetto di 1000 chil. $\times$ met. ne macinerebbe . . . » 0,1336

Nel primo mulino del Lambert, uno sforzo di chil. 93,36 applicato ad un punto animato dalla velocità di m. 5,782; e quindi un effetto di 539,8 chil. $\times$ met., macina 10000 libbre di farina, o siano chil. 4678 al giorno; ed in un secondo chil. 0,0541; dunque un effetto di 1000 chil. $\times$ met. ne macinerà » 0,1002

Nel mulino del Fabre uno sforzo di chil. 87,89 applicato ad un punto la cui velocità era di met. 2,721; e quindi un effetto di 239 chil. $\times$ met. produce lib. 390 = chil. 191 di farina in un'ora, o siano chil. 0,053 al 1″; dunque un effetto di 1000 chil. $\times$ met. ne produrrà . . . » 0,2217

Nell'ultimo mulino da me calcolato, uno sforzo di chil. 55,4896, applicato ad un punto la cui velocità è di met. 3,963; e quindi un effetto di 219,9 chil. $\times$ met., produce lib. 400 = chil. 144,74 di farina in un'ora, lo che corrisponde a chil. 0,0402 al secondo; dunque un effetto di 1000 chil. $\times$ met. ne produrrà » 0,1828

Oltre a questi risultamenti, abbiamo dal Navier i seguenti.

Nel mulino descritto dal Desagulier (1), il solito effetto di 1000 chil. $\times$ met. produce . . . . . chil. 0,1017

Risulta dalle osservazioni del Coulomb sui mulini a vento (*Académie des Sciences*, 1781): che quando la velocità del vento è di 18 pie. = m. 5,8471, e che le macini fanno 60 giri al minuto; l'effetto anzidetto produce . . . » 0,2371

Ma quando la velocità del vento è di pie. 28 = met. 9,0955, e che le macini fanno 110 giri al minuto, la quantità di farina prodotta da quell'effetto, è di . . . . . » 0,1419

Dalle osservazioni del Fenwick (*Four Essays on practical mechanics*, 1802, p. 60) risulta, che un peso di 300 lib. *avoir du poids* = chil. 136,0845, elevate a 210 pie. = met. 64,0078 al minuto; o sia un effetto di 145 chil. $\times$ met. al 1″, macina un *boll* di grano ogni ora: e poichè questa misura corrisponde a 4 *bushell* di Winchester del peso di 57 lib. = chil. 25,856 l'uno; così quell'effetto produce chil. 0,0287 di farina al 1″; ed il nostro effetto di 1000 chil. $\times$ met. ne produrrà . » 0,1979

Inoltre lo stesso peso di chil. 136,0845 elevato ad 865 pie. = met. 263,6511 in un minuto, o sia un effetto di 597,98 chil. $\times$ met., macina 5 *boll* di grano ogni ora, o siano chil. 0,1436 al 1″; dunque l'effetto in quistione ne produrrà . . » 0,2402

Finalmente, giusta l'opinione del Montgolfier Giuseppe (*Journal de l'École Polytechnique*, cahier 14. p. 290), un effetto di 750000 chil. $\times$ met. macina uno staio (*setier*) di grano, o siano lib. 240 = chil. 117,48; avremo dunque per il nostro effetto . . . . . » 0,1566

Prendendo un medio fra tutti questi risultamenti, possiamo concludere, che l'effetto di uno sforzo corrispondente a 1000 chil. inalzati ad un metro per 1″, produce chil. 0,1680 di farina. Dunque, pei mulini composti, la quantità di farina prodotta in un secondo, sarà di

$$\text{chil. } 0{,}10288\ e^2;$$

e pei mulini semplici, di

$$\text{chil. } 0{,}09353\ e^2.$$

75 Applichiamo queste formole alla determinazione delle dimensioni

---

(1) *Cours de Physique* ec., traduit de l'anglois = Par le R. P. Pezenas de la Compagnie de Jesus = T. 2; pag. 526.

de' mulini; cominciando dai composti, mossi in un fluido indefinito.

Abbiamo veduto (n.° 12), che per questi mulini, la forza della corrente contro la ruota, è data dall' equazione

$$F = mA(V - v)^{1,33}$$

Risulta dalle sperienze del Bossut, che per il massimo effetto della forza F, debb'essere $v = {}^2/_5 V$; sarà dunque cotest'effetto $Fv = 0,2028\, mAV^{2,33}$. Dicasi Ω l'area di ciascuna palmetta battuta dalla corrente, sarà $A = 3\Omega$; e giacchè $m = 50,9746$ (1), ne viene

$$Fv = 31,013\,\Omega V^{2,33}$$

Nel mulino del Belidor (n.° 59), abbiamo veduto che si consuma $^1/_{16}$ della forza F per vincere le resistenze; e nel mulino da me esaminato (n.° 60), se ne consuma $^1/_{16}$. Prendendo un medio fra questi due risultamenti, calcoleremo $^1/_{20}$ dell' effetto Fv, impiegato a vincere gli attriti; sarà dunque l'effetto utile della macchina $= {}^{19}/_{20} Fv$, e però si avrà l' equazione ${}^{19}/_{20}\, Fv = Qu$, o sia $29,4623\,\Omega V^{2,33} = 612,3996\, e^2$; che ne dà

$$\Omega = 20,79 \cdot \frac{e^2}{V^{2,33}}.$$

Chiamato n' il numero de' giri della ruota, sarà $n' = \frac{v}{2\pi a}$: ma $v = {}^2/_5 V$; sarà dunque $n' = \frac{V}{5\pi a}$, che rappresenta eziandio il numero de' giri della ruota dentata, il cui raggio è b. Ora essendo m il numero de' giri della macina, e quindi della lanterna il cui raggio è c; si avrà $n : n' :: b : c$: ma $n = \frac{1,074}{e}$ (n.° 73); starà dunque $b : c :: \frac{1,074}{e} : \frac{V}{5\pi a}$, e perciò si avrà $\frac{b}{c} = \frac{1,074 \cdot 5\pi a}{Ve}$, o sia

$$\frac{b}{c} = 16,87\, \frac{a}{Ve}. \quad (2)$$

---

(1) Calcoleremo lo stabilimento de' mulini per la latitudine di Parigi; ognuno è in grado di applicare il calcolo a qualunque altra latitudine.

(2) Rigorosamente questo rapporto è quello del numero dei denti della ruota E F,

Con queste due formole si determinano le principali dimensioni de' mulini mossi in un fluido indefinito, o sia, de' cinque elementi $a, \frac{b}{c}, e, V, \Omega$ dati tre, si determinano gli altri due. Facciamo un qualche esempio.

Riferisce il Navier, che le ruote di cotesti mulini sogliono avere 5 metri di diametro; e le macini metri 2. Facciasi adunque $a = 2{,}5, e = 1$: e si supponga che la velocità della corrente sia di m. $6 = V$; si avrà $\frac{b}{c} = 7{,}02$; cosicchè fatto $c = 0{,}2$, risulta $b = 1{,}404$. Avremo inoltre $\Omega =$ m. q. $0{,}3197$; cosichè, se le pale del mulino pescano nella corrente per quattro decimetri (misura compresa nel limite assegnato dal Navier) si dovranno far larghe m. $0{,}79925$. La quantità di farina macinata da questo mulino, sarà di chil. $0{,}10288$ al $1''$; e quindi chil. $370{,}368$ in un' ora; e poichè la nostra corba di grano, presa una misura media, stimasi di lib. $160 =$ chil. $57{,}896$, ne viene che il proposto mulino macinerà corbe $6\,^2/_5$ circa di grano ogni ora.

Supposto poi che la corrente abbia una velocità di soli met. 2,5, siccome le assegna il Navier, saremo condotti a concludere con esso lui, che il progettato mulino non può mettersi in azione con un semplice ingranaggio, e si dovrà far uso di due ruote dentate. Infatti posto nelle formole precedenti $a = 2{,}5$; $e = 1$; $V = 2{,}5$; si ha $\frac{b}{c} = 16{,}87$; e si vede che assegnando alla lanterna un diametro di m. $0{,}4$, quello della ruota dentata dovrebb' essere di m. $6{,}748$, cioè maggiore del diametro della ruota.

76. Pei mulini che muovonsi nelle corsìe, il n.° 20 ci porge le equazioni.

$$F = mA(V - v)^{1,33}, \quad m = 141{,}135; \quad A = {}^7/_6\,\Omega:$$

e poichè dovrà farsi $v = {}^2/_5\,V$; risulterà $Fv = 164{,}657\,\Omega\,V^{2,33}$. Dovendo dettrarsi $^1/_{20}$ di questo effetto per conto degli attriti della macchina;

---

al num ero de' fusi della lanterna G; ma siccome cotesti numeri sogliono essere proporzionali ai raggi di queste ruote, anzi nella pratica lo dovrebbono essere, così la stessa equazione può servire a determinare l' uno o l' altro. Che i numeri dei denti e de' fusi, siano proporzionali ai rispettivi raggi della ruota, lo vediamo nel mulino del Belidor, in cui la ruota dentata aveva 48 denti ed un raggio di 48 poll., e la lanterna aveva 9 fusi con un raggio di 9 pollici.

si avrà qui pure $^{19}/_{20}\,F\nu = Qu$, o sia $156{,}4241\,\Omega\,V^{2{,}33} = 612{,}3996\,e^2$. Di quì si ricava $\Omega = 3{,}915\,.\,\frac{e^2}{V^{2{,}33}}$. Dicasi ora M il rapporto fra la sezione del canale e l'area della palmetta battuta dalla corrente; sarà $M\Omega$ l'area di questa sezione, e perciò la portata del canale si avrà dalla formola $E = M\Omega V = 3{,}915\,.\,\frac{M e^2}{V^{1{,}33}}$. Chiamata H l'altezza a cui è dovuta la velocità V, o sia l'altezza della caduta di cui può disporsi, si avrà $V = \sqrt{2gH}$, e quindi $E = \frac{3{,}915\,M e^2}{(2gH)^{0{,}665}}$: ma $(2g)^{0{,}665} = 7{,}2379$; sarà dunque

$$E = 0{,}5409\,.\,\frac{M e^2}{H^{0{,}665}}\,.$$

Allo stesso modo troveremo $\Omega = \frac{3{,}915\,e^2}{(2gH)^{1{,}165}}$; e poichè $(2g)^{1{,}165} = 32{,}058$, sarà

$$\Omega = 0{,}122\,.\,\frac{e^2}{H^{1{,}165}}\,.$$

Il rapporto fra il raggio della ruota dentata e quello della lanterna, anche per questi mulini è come al n.° precedente; se non che posto in esso $V = \sqrt{2gH} = 4{,}429175\sqrt{H}$, risulta

$$\frac{b}{c} = 3{,}8089\,\frac{a}{e\sqrt{H}}\,.$$

E così de' sei elementi a, $\frac{b}{c}$, e, Ω, H, E dati tre, si determinano gli altri tre. Facciamo un esempio.

La caduta dell'acqua di cui può disporsi, sia quattro piedi di Bologna; la macina abbia quattro piedi di diametro; e la ruota ne abbia sette, corrispondenti al centro di resistenza: sia cioè H = m. 1,52; e = m. 0,76; a = m. 1,33, si avrà in primo luogo $H^{1{,}165} = 1{,}6288$; $e^2 = 0{,}5776$; $H^{0{,}665} = 1{,}321$. La seconda delle equazioni precedenti ci darà Ω = m. q. 0,04326, e le pale della ruota potranno essere larghe m. 0,32 pescando nella corrente per un'altezza di met. 0,1352. Suppongasi ora tutt'all'intorno della palmetta, una distanza di 3 centimetri per lo sforzo dell'acqua, sarà così la sezione del canale = $0{,}38 \times 0{,}1652$ = m.q. 0,062781.

di qui $M=\frac{6278}{4326}=1,451$. Con questi dati la prima delle trovate equazioni determina la quantità d'acqua che abbisogna al proposto mulino, e si trova E = m. cubi 0,3432. Dalla terza poi di queste equazioni si trae $\frac{b}{c}=5,4$; e però assegnato alla lanterna un diametro di tre decimetri, quello della ruota risulta di un metro e sessantadue centimetri. Infatti posto $c=0,15$, risulta $b=0,81$.

77. Passiamo ora allo stabilimento de' mulini a ruota orizzontale.

Da ciò che è stato detto al n°. 35, la vena fluida debbe urtare direttamente il piano della palmetta; ed allora la velocità della ruota pel massimo effetto è data dall'equazione $v=\frac{V}{3\cos.\beta}$. Cotesto massimo effetto poi è espresso da $Fv=\frac{4}{27}mAV^3$; o sia (n.° 38) $Fv=\frac{4}{27}.\frac{1000E}{g}.V^2$. Pongasi quivi $V^2=2gH$, e risulterà $Fv=\frac{8}{27}.1000E.H$

Gli attriti consumano una parte di quest'effetto; e questa viene determinata dalla seguente osservazione. Abbiamo trovato (n. 65), che $\frac{1}{19}$ della forza F nel mulino del Fabre, si consuma a vincere gli attriti della macchina; e nell'ultimo mulino da me esaminato (n°. 66), se ne consuma $\frac{1}{14}$ circa. Prendendo un medio, può stabilirsi nella pratica, che $\frac{1}{16}$ dell'effetto Fv, venga consumato a vincere le resistenze di questa sorte di mulini. Sarà dunque l'effetto utile $=\frac{15}{16}Fv$, e però si avrà l'equazione $\frac{15}{16}Fv=Qu$: ma $\frac{15}{16}Fv=\frac{2500}{9}EH$; $Qu=556,7265e^2$ (n°. 73); sarà dunque $\frac{2500}{9}E.H=556,7265e^2$; e però

$$E=2,0042.\frac{e^2}{H}.$$

L'equazione $n'=\frac{v}{2\pi a}$, che ne dà il numero de' giri della ruota, diviene nel caso nostro $n'=\frac{V}{6\pi a\cos.\beta}$: ma il numero de'giri della ruota è per questi mulini quello stesso de'giri della macina; sarà dunque $n'=n=\frac{1,074}{e}$, e però si avrà l'equazione $\frac{V}{6\pi a\cos.\beta}=\frac{1,074}{e}$, che ne dà $V=20,2445.\frac{a\cos.\beta}{e}$: quadrando e ponendo $V^2=2gH$, si avrà

$$H = 20{,}8914 \cdot \frac{a^2 \cos.^2 \beta}{e^2}.$$

E così de' cinque elementi a, e, β, E, H dati tre si determinano gli altri due.

Nello stabilimento di questi mulini si esige o una grande caduta, o una grande erogazione. Suppongasi infatti H = met. 2,92; $a = e$ = met. 0,8; si avrà E = met. cent. 0,4392; e perciò la quantità d'acqua di cui dovrà disporsi, sarà di met. cubi 0,4392, o siano otto piedi cubi circa di Bologna al minuto secondo. Che se la caduta H fosse di otto metri, risulterebbe E = met. cubi 0,1603 poco più di un terzo della precedente. Nella prima di queste cadute, l'inclinazione della vena acquea coll'orizzonte, viene data dall'equazione $\cos.^2 \beta = \frac{2{,}92}{20{,}8914}$; e si trova $\cos. \beta = 0{,}3739$, onde $\beta = 68°$ circa. Il piano della palmetta, che debbe ricevere la rena normalmente, sarà inclinato all'orizzonte, con angolo di 22° circa.

Che la quantità d'acqua necessaria per questi mulini, sia minore, quanto è maggiore la caduta, oltre alle formole precedenti, lo mostrano i mulini esaminati ai numeri 65, e 66. Infatti, nel primo di questi mulini la velocità della corrente era di met. 9,1929, e vi corrisponde una caduta di met. 4,3078; la sezione della vena era di m. q. 0,02198, e la quantità erogata in un 1″, met. cubi 0,2021. Nell'altro mulino, la caduta era di met. 2,63; e la velocità della corrente di met. 7,1815: essendo dunque la sezione della vena di met. quad. 0,0728, la quantità dell'erogazione sarà di met. cubi 0,5228, più che doppia della precedente.

Adoperando le ruote orizzontali, costruite nel modo suggerito dal Morosi (n.° 46), la quantità dell'erogazione, scema della metà. Infatti, abbiamo dal n.° 47, che l'effetto Fv diviene doppio del precedente, e però la prima delle precedenti equazioni diverrà

$$E = 1{,}0021 \cdot \frac{e^2}{H}$$

che è appunto la metà del valore poc'anzi trovato.

L'altra equazione poi non soffre altro cangiamento, se non che $\cos. \beta = 1$, pel motivo che il Morosi conduce la vena fluida ad urtare i ritrecini della ruota, orizzontalmente. Sarà dunque per questo cangiamento

$$H = 20{,}8914 \cdot \frac{a^2}{e^2},$$

e si vede, che non può farsi $e = a$, se non quando si avesse una caduta di 20 e più metri; nel qual caso fatto $e = 0{,}8$, si avrebbe per la quantità dell'erogazione la meschina misura di met. cubi 0,030698; vale a dire poco più di mezzo piede cubo di Bologna. Ma colla caduta $H =$ met. 2,92, che è quella di cui il Morosi dovette servirsi nella nuova fabbrica de' Tabacchi in Milano, risulta $a =$ met. 0,3; ed $E =$ met. cubi 0,2196; o siano quattro piedi cubi bolognesi al minuto secondo.

78. Rimane ora a parlare dello stabilimento de' mulini a ruote a cassette, ed a ruote che muovonsi in un canale angusto, che ne circonda la periferia.

Pei mulini a ruote verticali a cassette, abbiamo dal n° 51, $F\nu = {}^4/_5 . 1000 E(H - {}^1/_2 h)$; e per gli altri il n°. 55 ci somministra $F\nu = 1000 E(H - {}^1/_2 h) - p . \frac{z}{s} . \nu$: ma siccome dall'osservazione del n.° 62. abbiamo, che più s'accosta alla sperienza la formola $F\nu = 1000 E(H - h) - p . \frac{z}{s} \nu$; così per questi mulini abbandoneremo il primo valore di $F\nu$ adoperato dal Navier, e ci atterremo a quest'ultimo.

Qui non abbiamo particolari sperienze, onde dedurre qual parte dell'effetto $F\nu$ venga consumata nel vincere gli attriti: siccome però trattasi di mulini a ruota verticale, e quindi di mulini composti; così adotteremo l'equazione ${}^{19}/_{20} F\nu = Qu$ (n°. 75). Si avrà quindi pe' mulini a ruote a cassette ${}^{19}/_{20} . {}^4/_5 1000 E(H - {}^1/_2 h) = 612{,}3996 e^2$; che ne dà

$$E = 0{,}8058 . \frac{e^2}{H - {}^1/_2 h}.$$

E pei mulini, le cui ruote verticali muovonsi ne' canali angusti che ne circondano la periferia, risulterà $1000 E(H - h) - p . \frac{z}{s} . \nu = {}^{20}/_{19} . 612{,}3996 e^2$; e quindi

$$E = \frac{1}{H - h} [0{,}6446 e^2 + 0{,}001 p . \frac{z}{s} . \nu].$$

Quanto al modo di determinare le dimensioni della ruota dentata

e della lanterna; abbiamo $n' = \frac{v}{2\pi a}$, $n = \frac{1,074}{e}$: ma $n' : n :: c : b$; sarà dunque $\frac{b}{c} = \frac{n}{n'} = \frac{2,148\pi a}{ve}$, o sia

$$\frac{b}{c} = 6,7482 . \frac{a}{ve} .$$

Ora, dietro i dati del Navier, faciamo la seguente applicazione. Supponiamo di avere una caduta di quattro metri, ed una macina del diametro di metri due, sarà $H = 4$; $e = 1$. Si potrà quindi adoperare una ruota, che riceva la corrente da un canale che la circonda, ed il cui raggio fia di metri $3 = a$. Proponghiamoci di far girare la ruota con una velocità di met. $2 = v$; e poichè la corrente, pel massimo effetto della ruota, debbe avere una velocità doppia di questa, così la quantità h dovrà essere l'altezza dovuta ad una velocità di 4 metri: sarà dunque $h = 0,82$; e però $H - h = 3,18$. Possiamo considerare che la ruota peschi nella corrente che la circonda, per tutto il quadrante inferiore della sua circonferenza, e supponendola costruita di legno, il peso di un volume d'acqua eguale a quello spostato dalla ruota, lo considereremo col Navier di 300 chil. Avremo dunque $p = 300$; e $\frac{z}{s} = \frac{2}{\pi}$. Sostituendo tutti questi valori nell'equazione $E = \frac{1}{H - h}(0,6446\, e^2 + 0,001\, p . \frac{z}{s} . v)$, risulterà E = met. cubi 0,3228.

Se in vece di $H - h$ si fosse calcolato $H - {}^1/_2 h$, sarebbe risultato E = met. cubi 0,2860: ma io credo che nella pratica sarà meglio attenersi al risultamento maggiore.

In quanto alle dimensioni della ruota dentata e della lanterna, l'equazione $\frac{b}{c} = 6,7482 . \frac{a}{ve}$ ci dà $\frac{b}{c} = 10,1223$; in cui posto $c = 0,25$, risulta $b = 2,53$; e però la lanterna avrà cinque decimetri di diametro, e la ruota dentata avrà cinque metri e sei centimetri.

CAP. IV.

Considerazioni pratiche sui mulini da grano.

79. Distinguono i Francesi due metodi per macinare il grano: il primo viene distinto col nome di *molitura alla grossa*, o sia *ordinaria*; ed il secondo viene chiamato *molitura economica*. Il primo di questi metodi è quello più comunemente adottato, e che si adopera anche oggi giorno presso di noi; il secondo al dire del Navier (*nota* (*di*)), fu impiegato lungo tempo in secreto da alcuni mugnai de' contorni di Parigi, e nel 1760 si rese pubblico, e si sparse universalmente. La differenza essenziale di questi due metodi consiste in ciò, che nel primo il grano non passa una sol volta sotto la macina, mentre nella molitura economica, si ripete la macinazione due, tre, ed anche quattro volte. Ecco la descrizione di questo metodo data dal Bucquet nel suo Manuale del Mugnaio.

» Si procura in primo luogo di nettare il grano con ogni cura e » diligenza, e poscia s'introduce nella tramoggia della macina per es- » sere macinato. Il mugnaio cerca che la macina mobile sia discosta » dall' altra più che nella molitura ordinaria, e così la crusca è al- » quanto più grossa, e la farina più bianca. Il risultamento di questa » molitura si passa in un *frullone* che cerne la farina dalla crusca, e » questa si passa in un secondo frullone che cerne la più grossa da quel- » la affatto priva di farina. Questa crusca più grossa, che chiamasi » *tritello* s'introduce di nuovo nella tramoggia del mulino, e si fa di » essa quel che si fece nella prima molitura del grano. Quivi però il » mugnaio avvicina di più la macina mobile. Alla farina che si ottiene » da questo tritello, si dà il nome, di prima farina di tritello. Allo » stesso modo operando si ricava una seconda farina di tritello, ed an- » che una terza, e se così piace una quarta.»

I vantaggi che si traggono da questa molitura economica, messa a confronto coll' ordinaria, risultano da una memoria de' signori Leroy, Tillet, e Desmarest, inserita negli atti dell' Accademia delle Scienze di Parigi dell' anno 1783, la quale contiene le ricerche, e le sperienze più autentiche, che sopra tale materia sono state fatte in quella Metropoli. Dicesi infatti in cotesta memoria, che da 560 chil. di frumento si ottengono 320 chil. di farina della prima qualità; 54 chil. della seconda; 26 chil. della terza; 20 chil. di farina bigia; e 126 chil. di grossa crusca e cruschello, con un calo di 24 chil. Colla molitura ordinaria, non si otterrebbero che 250 chil. di farina della prima qualità. I 560 chil. di frumento trattati colla molitura economica somministrano 420

chil. di pane della prima qualità, in pane detto di 4 libbre; e 131 chil. di pane metà bigio, metà semibigio. Trattata colla molitura ordinaria la stessa quantità di grano, non darebbe che 356 chil. di pane della prima qualità; 89 chil. della seconda, ed altrettanto della terza (V. il Navier *nota* (*di*)).

80. Aggiungeremo ora alcune osservazioni sulla struttura de' Mulini tratte dal citato Manuale del Bucquet.

Il diametro totale della ruota principale, quando questa sia a palmette piane, e che l'acqua abbia sufficiente caduta, debb'essere di pie. 17 : 4 = met. 5,6305, corredata di 24 palmette. Che se la caduta e la forza dell' acqua fosse meschina, il diametro della ruota sarà di circa pie. 13 $^1/_2$ = m. 4,3853, corredata di 30 palmette. In generale, quanto è maggiore la forza dell' acqua, minore debb' essere il numero delle palmette, e maggiore il diametro della ruota.

L' albero della ruota principale debbe avere una sezione quadrata di sedici in venti pollici; o sia di m. 0,4331, o m. 0,5414. Opina il Bucquet, che gli assi di quest' albero debbono terminare in una palla d' acciaio, onde diminuire l' attrito: ma poichè questa palla dovrebbe poi avere un diametro maggiore del rimanente dell' asse; così potrebbe avvenire, che ciò che guadagnasi nel diminuire la superficie dell' asse soggetta a sfregamento, venga perduto nell' aumento di braccio di leva di questa resistenza. Io trovo che il Navier, nell' addizione al Cap. I del lib. II. del Belidor, assegna a questi assi una forma tutta cilindrica, e perciò è da credere, non sia stato trovato il vantaggio della palla che il Bucquet propone.

Il diametro della ruota dentata, sempre secondo l'opinione del Bucquet, debb' esser minore della metà del diametro della ruota a palmette. Quando l'acqua è molta, la ruota dentata avrà 48 denti, distanti l'uno dall' altro poll. 6. = m. 0,1625; e questi si faranno di legno, costituiti da un piano inclinato in ragione di $^1/_{12}$ dell' altezza: che se l'acqua è scarsa, la ruota dentata avrà da 56 in 60 denti, i quali per conseguenza saranno distanti fra loro meno di sei pollici. In generale adunque, quanto è maggiore la copia d' acqua che può condursi al mulino, minore sarà il numero de' denti di cui la ruota dee fornirsi, e questi saranno fra loro più distanti.

La lanterna debbe avere 18 o 19 pollici di diametro, m. 0,5, con otto fusi distanti fra loro quanto i denti della ruota. Questo numero de' fusi può crescere fino a dieci o dodici, secondo che l' acqua è molto o scarsa. In generale, nell' assegnare il numero de' denti alla ruota; ed il numero de' fusi alla lanterna, conviene osservare che questa faccia sei giri mentre quella ne fa uno. I fusi della lanterna sono di ferro, od

anche di legno; questi ultimi, sebbene durino meno, hanno il moto più dolce. Il Guaiaco è quel legno che nella costruzione de' fusi merita la preferenza.

In un mulino di forza ordinaria, il grosso ferro che porta la macina mobile debb' esser grosso un pollice e mezzo = m. 0,0406; e largo tre pollici = m. 0,0812.

Per un mulino che debba macinare quindici o venti staia di grano in un giorno, o siano 1762, o 2350 chil. le macini debbono avere sei piedi e due o tre pollici, m. 2, di diametro. La macina mobile debbe avere dodici o quindici pollici di grossezza; o siano 325, o 406 millimetri, e la macina fissa ne debbe avere quindici o diciotto; o siano 406, o 487 millimetri.

Da un' osservazione del Bucquet emerge, che il frumento produce maggior quantità di farina un anno dopo il *ricolto*, che non appena *battuto*. Infatti osservò egli nel 1758, che due staia di grano, macinate un anno dopo il ricolto, produssero 321 libbre di farina; mentre che due staia della stessa qualità di frumento, macinate appena fatto il ricolto, non ne produssero che 306. La differenza è circa $^1/_{21}$. Io non intendo d' impugnare questo fatto, ma sembrami da osservare, che il grano da un anno all' altro può risultare di peso diverso, nè il Bucquet ci dice, se le due staia di grano, vecchio e nuovo, avessero lo stesso peso. Questa sperienza può qualunque mugnaio, a cui piacesse, ripeterla più d' una volta, agevolmente.

81. Secondo M. Dransy, ingegnere del Re, quattro modificazioni si esigevano nel perfezionamento de' mulini da grano. 1.° Assegnare alla lanterna un diametro doppio dell' ordinario. 2.° Scarpellare le macini con raggi ricurvi, anzichè rettilinei ed a ventaglio. 3.° Sostituire al frullone fermo un frullone girevole, col quale abburattare la farina, di mano in mano che esce dalla macina. 4.° E finalmente, sospendere la macina mobile in tal maniera, che posta una volta in equilibrio, vi si mantenga frattanto che gira.

In quanto al primo di questi perfezionamenti, non so vederne la necessità. Se consta dalla sperienza, che la ruota dentata debba avere un diametro minore della metà di quello della ruota a palmette (n°. 80), viene in qualche modo determinato il valore di b; e così quello di c non è più arbitrario mentre dipende dall'equazione del n.° 76, colla quale si calcola il rapporto $\frac{b}{c}$. Secondo il Bucquet il diametro della ruota a palmette debb' essere di m. 5,6305; suppongasi che alla ruota dentata si assegni un diametro di m. 2,4; alla macina un diametro di due metri; e che si possa disporre di una caduta d' acqua di met. 1,52. Si avrà

$a = 2{,}81525$; $e = 1 : H = 1{,}52$; $\sqrt{H} = 1{,}2329$; $b = 1{,}2$;

e però l'equazione $\frac{b}{a} = 3{,}8089 . \frac{a}{e\sqrt{H}}$ diverrà $\frac{b}{c} = 8{,}697$; che ci dà $c = \frac{1200}{8697} = 0{,}138$. Dalle misure assegnate dal Bucquet risulterebbe $c = 0{,}25$; dunque ben lungi che il diametro della lanterna debb'essere doppio di quello assegnato dai pratici, non è che poco più della metà. Ed è certo che da questo diametro non risulterà per la macina una soverchia velocità, mentre le nostre formole sullo stabilimento de' mulini, sono appoggiate ad osservazioni nelle quali la velocità della macina punto non alterava la buona qualità della farina.

Rispetto al secondo perfezionamento, spetta alla sperienza il decidere sui vantaggi che si ripromettono. È certo che le superficie delle macini debbono a quando a quando scarpellarsi. Prima della molitura economica cotesto scarpellamento si faceva a colpi perduti, vale a dire non si osservava nessuna regolare disposizione nelle ineguaglianze delle loro superficie. Introdotto questo metodo di macinare, la superficie delle macini venne tagliata in modo, da presentare delle piccole scanalature dirette dalla circonferenza al centro. Il Dransy sostituisce a questo modo di scarpellamento, quello di fare le scanalature curvilinee; e secondo il Navier sembra preferibile la disposizione di queste scanalature, adottata in Inghilterra. In questa disposizione, le superficie delle due macini, offrono delle scanalature egualmente disposte, ma che s' attraversano, allorchè rivolte le macini, si sovrappongono l'una all'altra: ciò facilita molto il trituramento del grano.

La fig. 16, rappresenta una macina scarpellata secondo la molitura economica; la fig. 17 rappresenta le scanalature proposte dal Dransy; e la figura 18 rappresenta la disposizione delle superficie delle macini, adottata in Inghilterra. In quest' ultima figura, A è la macina fissa, e B è la mobile. Le scanalature debbono essere tracciate a seconda del moto di rotazione della macina superiore. La nostra figura rappresenta le macini di un mulino, che gira da dritta a sinistra; se contrario sarà cotesto movimento, contraria sarà pure la disposizione delle scanalature (V. *Nota* (*dh*)).

Quanto all' uso del frullone, osservo che qui da noi non è punto praticato, mentre ancor si fa uso della molitura ordinaria. Assai comendevole ed utile sembrami la molitura economica, nè saprei per qual ragione non sia stata adottata anche da noi. La natura del grano, non credo sia tanto diversa da rendere dannoso un metodo di macinazione,

che in Francia si è sperimentato tanto vantaggioso: lascierò quindi ai pratici il giudicarne. Dirò solamente che l'uso del frullone girevole, e posto in moto dallo stesso motore del mulino, può risultare vantaggioso ai mugnai ed ai fabbricatori di pane; ai primi coll'accrescere l'utile del loro mulino, ai secondi col diminuire la mano d'opera, nella loro fabbricazione.

In non conosco in qual modo venga fermata, da nostri mugnai, la macina mobile all' albero della lanterna. Certo che quello suggerito dal Dransy è assai facile e semplice, e costituisce la più vantaggiosa delle sue invenzioni. Non si può spiegare questo ritrovamento, meglio di quello facciasi con una figura, e perciò la figura 19. mostra in qual modo propone il Dransy, di fermare la maciua rotante all' albero della lanterna.

82. Darò fine al presente capitolo, e quindi alla seconda parte del nostro trattato, colla seguente osservazione.

Le macini col continuo soffregarsi si consumano, e per quanto dura sia la pietra molare, non può impedirsi sì fatto consumo, e la macina mobile diminuisce di mole e di peso. Diminuendo il peso della macina, diminuisce pur anche l'effetto utile del mulino, cioè la quantità di farina che può produrre. Il Belidor asserisce (art. 636), che diminuito il peso della macina di un quarto o della metà, anche la quantità di farina che prima produceva, diminuisce nello stesso rapporto. Sarebbe adunque necessario un artificio col quale conservare più che sia possibile il peso primitivo delle macini. Il Fabre (art. 296) propone di coprirne la superficie con uno strato di gesso del diametro della macina, e la cui grossezza stia a quella di cui è diminuita la grossezza della macina, come il peso specifico della pietra molare, sta al peso specifico del gesso. Cotesto artificio, in Francia, è molto praticato.

L'industria degli Inglesi ha loro suggerito il modo di costruire artificialmente la pietra molare. Osservando che non tutte le pietre sono atte a quest' ufficio, e che le selciose sono da preferirsi; ecco ciò che hanno tentato di fare. Formano cotesta pietra artificiale, con un miscuglio composto di terra argillosa e selciosa, che per 24 ore si espone ad un fuoco più vivo di quello di una fornace da calcina. A questo misuglio conviene aggiugnere $^1/_7$ di terra calcare, o di altre sostanze solutive, ed atte a far prendere al miscuglio la semi-vetrificazione, la quale lo rende atto a servire di macina.

È stato anche proposto di costruire le macini di ferro fuso; ma il Navier che alla nota (dh), tutte queste cose ci racconta, nulla dice se tali macini siano state sperimentate.

Aggiungerò qui solamente un' osservazione del signor Arduino, in ordine alla qualità delle macini adoperate in Italia, la quale debbe essere conosciuta da tutti, all' oggetto di poter scegliere le macini più perfette. Ecco le parole del signor Arduino. (1)

» Per sentimento dei più periti ed intelligenti artefici da me interrogati sopra tale materia, e dai più accurati esami e confronti da me medesimo praticati, credo di poter francamente asserire, che le macine più perfette e più resistenti al lavoro sono le bresciane, che si cavano ne' monti alla valle Trompia e alla valle Camonica, poco lungi dal lago di Iseo, e quelle dei monti di Persen nel Trentino. Le seconde in bontà, sebbene moltissimo alle anzidette inferiori, sono quelle di Recoaro nelle Alpi vicentine, e di Trecento e Tricesimo nel Friuli; e similmente quelle che si traggono dalle cave di *Pede Castello* e di *Soccher*, esistenti nella provincia di Belluno; e della val di *Seren* nel Feltrino. Le mole poi che si cavano dai monti sopra Marostica, quelle di Posena e di Piovene, al torrente Astico, ec. sono le più imperfette, in paragone delle prenominate; non però tutte ad uno stesso grado, variando di densità e durezza, da luogo a luogo, e talvolta anche in una medesima cava. In quanto alle mole bresciane ch'io ho annoverate tra le più perfette, giova qui di avvertire, che ve ne sono di due generali qualità. Le più stimate, perchè più dense e dure, e perchè fanno in conseguenza migliore effetto ne' mulini, e più lungamente resistono in lavoro, sono quelle denominate *verdaccie*, dal loro colore verdeggiante; e le *bigie* che si nominano *formentine*, o *brunette*. Quelle poi della seconda qualità sono alquanto meno perfette, perchè di grana meno dura, e perciò meno atte alla polverizzazione del grano, e molto più facili a consumarsi; e queste vengono ordinariamente distinte sotto il nome di *mole ghiare*, *favaline* per la copia di ghiaia e di ciottoli rotondi di varie specie di pietre che immerse si ravvisano nel loro nativo impasto.

(1) Memorie dell' accademia di Scienze lettere ec. di Padova, anno 1809. pag. 172.

PARTE TERZA

DE' MULINI DA PESTARE.

CAP. I.

Descrizione e teoria de' mulini da pestare.

83. Il mulino da polvere descritto dal Belidor nell' art. 713 della memorata sua Architettura Idraulica; porge un' idea di que' mulini che servono a brillare il miglio, il riso ed altre biade, de' quali ci siamo proposto di ragionare. Dalla struttura adunque del mulino del Belidor, conosceremo a un di presso, quella pur anche di questi altri mulini.

La figura 20 rappresenta il mulino del quale si parla. L' albero della ruota maestra AB s' acompagna con una ruota dentata E, che dà moto a due lanterne O, P. Da ciascun albero di queste lanterne sporgono ventiquattro raggi o speroni talmente disposti, che gli angoli ch' essi fanno coll' orizzonte crescono di 15 in 15 gradi; per modo che se questi raggi in vece d' essere distribuiti per tutta la lunghezza dell' albero, partissero tutti da un centro dividerebbero la periferia in 24 parti eguali. Girando insieme alla ruota AB le due lanterne O, P, gli speroni s' incontrano successivamente nel calcio de' pilli o pestelli, siccome lo mostra la figura 21, e le sollevano accompagnandoli sino ad una certa altezza, sin tanto che lo sperone scappa fuori del calcio, ed il pillo piomba sulla materia contenuta nel sottoposto mortaio.

Da questa brevissima descrizione risulta, che anche i mulini da pestare, sono generalmente composti di due assi nella ruota; l' uno formato dalla ruota maestra AB e suo albero, l' altro da ciascuna delle due lanterne O, P ed albero rispettivo. Vediamo adunque di determinare la relazione fra la potenza motrice e la resistenza, siccome abbiamo fatto pei mulini da grano.

Sia il raggio della ruota AB $= a$; quello della ruota E $= b$; quello di ciascuna lanterna O, P $= c$; la lunghezza degli speroni $= e$; il peso delle due ruote AB, E, e dell' albero che le sostiene $=$ P; il raggio de' perni di quest' albero $= r$; il peso di ciascuna delle lanterne ed albero corrispondente $=$ P'; il raggio de' perni $= r'$; ed il coefficiente dell' attrito degli assi $= f$.

Chiamisi F la forza o potenza applicata alla circonferenza della ruota AB, e precisamente al centro di resistenza di ciascuna palmetta

X lo sforzo che fa il dente della ruota E contro i fusi delle lanterne O, P; o sia Q il peso di ciascun pillo.

Chiamiamo in generale φ l'angolo che descrive lo sperone accompagnando il pillo; ed α l'angolo che fanno tra loro gli speroni infissi nell' albero di ciascuna lanterna; è manifesto che sarà $\frac{\varphi}{\alpha}$ il numero degli speroni che agiscono nello stesso tempo, tenendo ciascun di loro sollevato e sospeso il pillo corrispondente.

Avremo pertanto fra F ed X la relazione

$$Fa = 2Xb + fr(F + P)$$

in cui non entra lo sforzo X nel computo degli attriti, giacchè questa forza, essendo applicata a due punti diametralmente opposti della ruota E, agisce con direzioni tra loro contrarie, e si elide.

Per avere la relazione fra X, e Q, osserverò primieramente, che il peso Q non è immediatamente applicato all' estremità dello sperone, ma bensì nel centro di gravità del pillo: da ciò ne viene, che lo sforzo col quale ciascun pillo contrasta colla potenza sollevatrice, non dee già calcolarsi = Q ma maggiore, in grazia degli attriti che questa potenza dee vincere contro gli incastri fra quali è imprigionato il pillo. Noi adunque rappresenteremo con mQe il momento col quale il peso Q contrasta collo sforzo X, e vedremo poscia come si determini il coefficiente m'. Osservando inoltre, che il numero de' pilli che agiscono simultaneamente è $\frac{\varphi}{\alpha}$, avremo tra X, e Q l'equazione

$$Xc = \frac{m'\varphi}{\alpha} Qe + fr'\left(X + \frac{\varphi Q}{\alpha} + P'\right).$$

Nè si avrà che ad eliminare X da queste due equazioni, per ottenere la cercata relazione fra F, e Q.

Passiamo adunque a determinare il coefficiente m'.

84. Suppongasi sollevato il pillo fino all'altezza LM (fig. 21), e dicasi Q' la forza che si dovrebbe applicare in N perpendicolarmente ad ih affinchè fosse in punto di superare il peso Q del pillo. Il pillo nell'ascendere punta contro gli appoggi F, G tra i quali è imprigionato: vediamo quali pressioni soffrono questi appoggi per l'azione della forza Q'. Congiunte le rette NG, NF (fig. 22), si decomponga la forza NP = Q' nelle due Np, Np' dirette secondo NG, NF: il punto G sarà spinto nel senso NG da una forza $Go = Np$; ed il punto F

verrà tratto nel senso FN da una forza $Fo' = Np'$. Si decomponga ciascuna delle due forze Go, Fo' in altre due, l'una orizzontale e l'altra verticale. Dai due triangoli simili PNp, FGN avremo $NP:Np :: FG:GN$; $NP:Np' :: FG:FN$. Dunque

$$Np = Go = Q' \cdot \frac{NG}{FG}; \qquad Np' = Fo' = Q' \cdot \frac{FN}{FG}.$$

Ora i triangoli simili NGi, Gom ci danno $NG:Ni :: Go:Gm$; o sia $NG:Ni :: Q' \cdot \frac{NG}{FG} : Gm$. Similmente, i due triangoli FNi, $Fo'm'$ ne danno $FN:Ni :: Fo':Fm'$; o sia $FN:Ni :: Q' \cdot \frac{FN}{FG} : Fm'$. Di qui si ricava $Gm = Fm' = Q' \cdot \frac{Ni}{FG}$. Dunque, in virtù dello sforzo Q', il punto F è premuto nel senso IH (fig. 21), e l'appoggio G in senso contrario, entrambi con forza $Q' \cdot \frac{Ni}{FG}$. Ora perchè la forza Q' sia sul punto di alzare il maglio, non solamente dee vincere il peso Q, ma eziandio gli attriti prodotti da queste pressioni. Cotesto attrito essendo di primo genere, e quindi diverso da quello degli assi che è di terzo genere, lo rappresenteremo coll'coefficiente f'; avremo dunque $Q' = Q + \frac{2f'Q'.Ni}{FG}$, e però

$$(i) \quad \ldots\ldots\ldots \quad Q' = Q \frac{FG}{FG - 2f'.Ni}.$$

Tale adunque sarà lo sforzo col quale il peso del pillo preme il punto N verticalmente all'ingiù. Prendasi $NV = Q'$; e si decomponga nella NR perpendicolare allo sperone ON, e nella NS secondo ON. Il prodotto $f'.NS$ esprimerà l'attrito che lo sperone dovrà superare, strisciando lungo il calcio del maglio. Sarà dunque il momento di questo sforzo e resistenza Q', espresso da $(NR + f'.NS)ON$.

Ma non è questa la sola resistenza cui debbe vincersi dal motore della macchina. Quando lo sperone incontra il calcio, lo urta colla velocità concepita nella rotazione dell'albero della lanterna; succede quindi una percossa, e per conseguenza un cangiamento istantaneo di velocità, per cui l'albero anzidetto e suo sperone perdono una parte di loro forza viva, a scapito della potenza impiegata a sollevare il pillo. Chiamato

Q'' lo sforzo che il peso del pillo oppone all'azione dello sperone nell'istante della percossa; è chiaro che questa forza sarà data dall'equazione (*i*) ponendo $Ni = MI$, giacchè in quest'istante sono orizzontali lo sperone ed il calcio. L'attrito però, quantunque di primo genere anch'esso è diverso dal precedente: imperocchè qui si considerano due superficie rimaste alcun poco fra loro a contatto, mentre precedentemente considerammo due superficie che strisciavansi durante il movimento. Noteremo adunque cotesto attrito col coefficiente f''; e sarà

$$Q'' = Q \cdot \frac{FG}{FG - 2f''.IM}.$$

Conosciuto così lo sforzo che contrasta collo sperone, all'atto della percossa; abbiamo dal principio della conservazione delle forze vive (n.° 3), che l'effetto corrispondente alla forza viva perduta dal motore nel vincere questa resistenza, è dato dal prodotto $Q''.\frac{v'^2}{2g}$, essendo v' la velocità colla quale lo sperone urta il calcio del pillo. Ma poichè più percosse succedono nella macchina nello stesso istante; così chiamato p' il numero di queste percosse, l'effetto corrispondente alla forza viva perduta dal motore per l'azione loro, sarà $Q''.p'.\frac{v'^2}{2g}$. Dividendo questo effetto per la velocità v', si avrà la forza o resistenza; che contrasta colla potenza X, e dalla quale ricaveremo la resistenza totale della macchina. Come questa forza si esercita nel punto M, e quindi agisce col braccio di leva $OM = o N$; così il suo momento verrà espresso da $Q''.p'.\frac{v'}{2g}.ON$. Sarà dunque il totale momento di resistenza

$$[NR + f'.NS + Q''.p'.\frac{v'}{2g}]\,ON.$$

85. Per esprimere in termini analatici cotesto momento, sia $ON = e$; $FG = h$; $OI = k$; e l'angolo $MON = z$. Sarà $Ni = k - e\cos.z$; $MI = k - e$; $NV = Q' = Q.\frac{h}{h - 2f'k + 2f'e\cos.z}$; $Q'' = Q.\frac{h}{h - 2f''k + 2f''e}$ $NR = Q'\cos.z$; $NS = Q'.\sin.z$. Con queste sostituzioni, il momento suddetto diviene

$$h\left\{\frac{\cos.z+f'\sin.z}{h-2f'k+f'.e\cos.z}+\frac{p'.\frac{v'}{2g}}{h-2f''k+2f''e}\right\}Qe:$$

e si vede che il momento di resistenza della nostra macchina varia col variare dell'angolo z. Ma peichè agiscono nello stesso tempo più speroni sotto diversi angoli, compresi tutti fra $z=o$, e $z=\varphi$; così per avere un valore ragguagliato di questo momento, potrà prendersi un valor medio fra quelli che acquista la formola $\frac{\cos.z+f'\sin.z}{h-2f'k+2f'.e\cos.z}$ fra i limiti dell'angolo z. Cotesto valor medio, secondo me, è quello che corrisponde a $z={}^1/_2\varphi$; imperocchè è questo il medio fra tutti i valori che prende l'angolo z. Fatto adunque

$$m'=h\left\{\frac{\cos.{}^1/_2\varphi+f'\sin.{}^1/_2\varphi}{h-2f'.k+2f'.e\cos.{}^1/_2\varphi}+\frac{p'.\frac{v'}{2g}}{h-2f''.k+2f''.e}\right\},$$

il trovato momento di resistenza diverrà $=m'Qe$; siccome è stato calcolato al n.° 83. Ed ecco determinato il valore del coefficiente m', che è ciò che cercavasi.

86. Rimane ora che determiniamo l'angolo φ. Abbassata la perpendicolare NL (fig. 21), e ritenuto $NOL=z$; sarà $NL=ON\sin.z$; $OL=ON\cos.z$. È manifesto pertanto, che lo sperone accompagnerà il calcio sin tanto che sarà divenuto $OH=OL$; vale a dire, diverrà $z=\varphi$, quando $OL=ON$. Avremo dunque $\cos.\varphi=\frac{OH}{ON}$; $\sin.\varphi=\frac{1}{ON}\sqrt{[(ON)^2-(OH)^2]}$; e perciò

$$\varphi=\text{Arc. sin.}\frac{\sqrt{[(ON)^2-(OH)^2]}}{ON}.$$

Con queste equazioni si determina ancora l'altezza a cui viene sollevato il pillo, giacchè quest'altezza è

$$NL=ON\sin.\varphi=\sqrt{[(ON)^2-(OH)^2]}$$

Nel mulino descritto dal Belidor, abbiamo $ON=20$ poll.; $OH=10$ poll.; e quindi $ON=2OH$. Sarà dunque $\varphi=\text{Arc. sin.}\ {}^1/_2\sqrt{3}$; o sia

$\varphi = 60.°$. L'altezza alla quale viene sollevato ciascun pillo, sarà $OH \sqrt{3}$; e quindi di poll. 17,32 = m. 0,4688.

87. *Sperienza*. Il Belidor, oltre alla descrizione di questo mulino, che abbiam già esposta al n.° 83, ci dà ancora tutte le misure, ed i pesi, delle diverse parti che lo costituiscono; cosicchè possiamo da queste trarre tutti gli elementi necessari per fare un'applicazione delle formole trovate ne' numeri precedenti.

Ma siccome in questa sorta di mulini, l'effetto della macchina è suscettibile di un calcolo così esatto da non potersi desiderare maggiore, così noi ci serviremo di questa sperienza per determinare l'impulso della corrente contro la ruota del mulino, per poscia confrontarlo coi risultamenti delle teorie esposte nella prima parte di questo Trattato; Che cotesto effetto della macchina sia suscettibile di un calcolo così esatto, ce ne assicura il considerare, che un tale effetto viene impiegato a sollevare pesi, ed a vincere attriti e percosse, nel cui calcolo non entrano elementi arbitrari.

Diremo pertanto che la ruota AB (fig. 20) di questo mulino, aveva un raggio di pie. $8\,^1/_2$ = 2,7611; la ruota dentata E aveva un raggio di 4 pie. = m. 1,2994; il raggio delle lanterne O, P era di 20 poll. = m. 0,5414, e quello degli assicelli, tanto dell'albero della ruota maestra, quanto di quelli delle lanterne, era di 9 linee = m. 0,0203. Il peso dell'albero della ruota maestra, e sue appendici, era di lib. 3600 = chil. 1762,22; quello di ciascuno degli alberi delle lanterne, era di lib. 3000 = chil. 1468,52; e quello di ciascun pillo, era di lib. 65 = chil. 31,818. La lunghezza degli speroni era di 20 pollici = m. 0,5414; la distanza fra gli appoggi F, G era di 6 pie. = m. 1,9490; e la distanza OI fra l'asse dell'albero di ciascuna lanterna, e la verticale condotta pel centro di gravità del pillo era di poll. 24 = m. 0,6497. Abbiamo finalmente dal n.° 83, che l'angolo che fanno fra loro gli speroni era di 15.°; e dal n.° precedente risulta che l'angolo descritto da ciascun sperone mentre accompagna il maglio, era di 60.°.

Si osservi inoltre, che nel mulino di che si tratta, la ruota dentata aveva 48 denti e le lanterne venti fusi; dunque ad ogni rivoluzione che faceva la ruota ciascuna lanterna compieva 2 giri e $^2/_5$; cosicchè 5 giri della ruota corrispondono a dodici rivoluzioni di ciascuna lanterna. Ma la ruota faceva 10 rivoluzioni $^1/_2$ al minuto primo; dunque le lanterne compievano 25 giri e $^1/_5$ nello stesso tempo; o sia $^{42}/_{100}$ di giro al minuto secondo. Di qui risulta, e la velocità dello sperone, ed il numero delle percosse che succedono nel medesimo istante: imperocchè, in quanto alla velocità, sarà essa = $0{,}42 \times 2\pi e$ = m. 1,428; e in quanto al numero delle percosse, essendo queste 24 per ogni giro dell'albero, per ogni minuto secondo saranno $0{,}42 \times 24 = 10{,}08$.

A compiere tutti i dati necessari nel calcolo presente, convien dire del modo di calcolare gli attriti. Calcoleremo queste resistenze dietro i risultamenti ottenuti dal Venturoli, dalle sperienze del Coulomb, e dello Ximenes. L'attrito degli assi, è un settimo della pressione (1); l'attrito contro gli appoggi F, G, allorchè il pillo trovasi in moto, è un ottavo della pressione (2); e l'attrito contro gli appoggi medesimi, nel primo distacco del pillo, è un quarto della pressione (3). Da tutto ciò seguono le seguenti denominazioni.

$a = 2{,}7611$; $b' = 1{,}2994$; $c = 0{,}5414$; $r = r' = 0{,}0203$; $P = 1792{,}22$; $P' = 1468{,}52$; $Q = 31{,}818$; $\delta = 05414$; $h = 1{,}949$; $k = 0{,}6497$: $\varphi = 60.^{\circ}$; $\alpha = 15^{\circ}$; $\frac{\varphi}{\alpha} = 4$; $\nu' = 1{,}428$; $p' = 10{,}08$; $f = 1/7$, $f' = 1/8$; $f'' = 1/4$.

Fatte le opportune sostituzioni, la formola ultima del n.° 85 ci dà $m' = 1{,}70518$; e le due formole del n.° 83, somministrano i valori

$$X = \text{chil. } 226{,}7879; \qquad F = \text{chil. } 215{,}5343.$$

L'impulso della corrente contro le ale della ruota corrrisponde adunque a chil. 215,5343. Vediamo se ciò venga confermato dalla teoria delle ruote idrauliche mosse in una corsia.

Il n.° 20 ci somministra l'equazione $F = m A (V - v)^{1,33}$, in cui $m = 141{,}135$; $A = 7/6\ \Omega$. Essendo la caduta dell'acqua di pie. 6:8:9 = m. 2,1859, vi corrisponde una velocità $V =$ m. 6,5481; e poichè la ruota compieva 10 rivoluzioni $1/2$ in 60″: sarà $v = \frac{10{,}5 \times 2\pi a}{60} =$ m. 3,0360; avremo dunque $V - v = 3{,}5121$; e $(V - v)^{1,33} = 5{,}3162$. L'area della palmetta battuta dalla corrente era di p. q. 2,5 = m. q. 0,2638; sarà dunque $\Omega = 0{,}2638$; ed $A = 0{,}3078$. Di qui $F = 141{,}135 \times 0{,}3078 \times 5{,}3162$; o sia

$$F = \text{chil. } 230{,}9392.$$

Confrontando questo valore di F col precedente, si trova un divario in + di circa $1/14$ del valor totale, differenza questa non molto considerevole, e che giustifica abbastanza le nostre teorie.

---

(1) Venturoli, *opera citata* Tom. I. art. 517.
(2) *Idem art.* 510.
(3) *Idem art.* 503.

88. Per chi fosse vago di conoscere qual grado di confidenza meritano le altrui teorie in confronto delle nostre; calcoleremo l'impulso anzidetto colla formola $F = {}^2/_3 . \frac{1000}{g} . \Omega (V - v) v$ adoperata dal Navier, e da noi riferita al n.° 19. Fatto il calcolo, risulta da questa formola

$$F = \text{chil. } 191,1767$$

Confrontato questo risultamento con quello ottenuto dalle formole del n.° 83, si trova che il divario è in —, e che corrisponde ad $^1/_9$ circa del valor totale, dedotto dal calcolo del mulino.

Minore adunque è la differenza risultante dalla nostra teoria; e perciò a buon dritto viene dai noi preferita a qualunque altra.

89. L'effetto Fv della forza motrice, nel caso di che si tratta, risulta $= 215,5343 \times 3,036 = 654,3621$ chil. $\times$ met. Confrontiamo questo numero con quello che esprime l'effetto utile della macchina. Consiste quest'effetto nel sollevare un numero $\frac{\varphi}{\alpha}$ di pilli, da ciascuno degli alberi delle lanterne; e quindi un peso $\frac{2\varphi}{\alpha} Q$ all' altezza di m. 0,6488 (n.° 86). Chiamata w la velocità colla quale viene sollevato ciascun maglio, sarà l'effetto utile della macchina $= \frac{2\varphi}{\alpha} Qw$.

La velocità w si determina, osservando che lo sperone compie 0,42 giri ad ogni minuto secondo; chiamato dunque t il tempo nel quale viene sollevato ciascun pillo, è chiaro che in questo tempo lo sperone descrive l'arco $\varphi = 60° = {}^1/_3 \pi$: di qui l'analogia $1'' : 0,42 \times 2\pi :: t : {}^1/_8 \pi$; che ne dà $t = \frac{1}{2,52}$. Ma $w = \frac{0,4688}{t}$, sarà dunque $w = 0,4688 \times 2,52 =$ m. 1,1814. Essendo $\frac{\varphi}{\alpha} = 4$; e $Q =$ chil. 31,818 (n.° 87); si avrà $\frac{2\varphi}{\alpha} Qw = 300,7183$ chil. $\times$ met.

Di qui si conclude, esservi una perdita nell'effetto della forza motrice $= 353,6438$ chil. $\times$ met.; e cioè più della metà di questo effetto. I molti attriti e le percosse di questa macchina, sono la causa di un tale consumo.

CAP. II.

De' perfezionamenti a cui ponno assoggettarsi i mulini da pestare.

90. Ne' mulini costruiti siccome quello descritto nel Capo precedente, lo sperone OM (fig. 21), ed il calcio IH sono rettilinei; per cui, la forza che esercita lo sperone sollevando il pillo, agisce con un braccio di leva variabile, il quale dal momento in cui lo sperone incontra il calcio, sino all'istante in cui lo abbandona, va sempre diminuendo. Il Belidor (art. 717), all'oggetto di rendere costante l'azione della potenza che inalza il pillo, propone di dare all'estremità dello sperone la forma seguente. Sia MNO (fig. 23) la sezione di ciascun albero delle lanterne, e sia CB la distanza dal centro C all'estremità B del calcio AB. Col centro C, e col raggio BC si descriva la circonferenza BDF, e presa su questa la porzione BD, uguale all'altezza a cui vuolsi sollevare il pillo, si adatti alla medesima un filo flessibile, descrivendo con esso l'evoluta BNE; data quindi allo sperone la forma MBE, si otterrà con essa, che il braccio di leva della potenza che inalza il pillo, sia costantemente $=CB$. Infatti qualunque siasi il punto N della curva BNE che trovasi a contatto col calcio AB, il raggio corrispondente CI sarà orizzontale; e la tangente IN verticale: ma l'azione della potenza è anch'essa verticale; dunque il suo braccio di leva sarà $CI=CB$.

91. I pratici però, hanno bisogno di conoscere, come si determina l'arco BD, o l'angolo BCD; e come si descriva la curva BE.

Chiamiamo d la distanza CB; ed a' l'altezza a cui vuolsi inalzare il pillo: si farà $2\pi d : a' :: 360° : BCD$; e però sarà

$$BCD = 57{,}2956 \cdot \frac{a'}{d}.$$

Determinato per tal modo l'arco BD, si dividerà esso in un numero di parti eguali, piccole a piacimento; ed in egual numero di parti eguali, si dividerà pur anche l'altezza a': ai punti di divisione dell'arco BD si condurranno i raggi CD, CI ec., e le tangenti DE, IN ec.: queste dovranno contenere tal numero delle parti nelle quali è stata divisa l'altezza a', quante divisioni dell'arco BD contiene il suo corrispondente: ciò posto, la linea che unisce i punti estremi di queste tangenti, sarà la curva BNE ricercata.

Nel mulino del Belidor era $d =$ poll. 10 $=$ met. 0,2707; $a' =$ poll. 17,32 $=$ m. 0,4688 (n. 86); sarà dunque $BCD = 99°,225$; cioè maggiore del quadrante.

92. Oltre a questo perfezionamento, suggerito dal Belidor, un altro ne insegna il Navier, alla nota (eq) dell'opera citata. Cotesto perfezionamento consiste nel sopprimere il calcio del pillo, e nel formar questo alla foggia suggerita dal Sig. Hachette, la quale viene rappresentata dalla fig.ª 24 (1). Cotesto pillo è composto di due pezzi di legno am, bn collegati ascieme dagli altri due pezzi p, q, che lasciano tra loro uno spazio vuoto ab; si tratta quindi di imprimere a questo pillo un moto rettilineo nel senso della verticale rs, facendolo strisciare sulle faccie verticali degli appoggi hl, $h'l'$. A questo scopo sia MNO (fig. 25) la sezione dell'albero a cui sono infissi gli speroni; e GF il profilo del pillo ove BL rappresenta lo spazio vuoto ab della figª. 24. Insinuandosi lo sperone MBE in questa apertura in modo che il punto B, origine della curva BE, si trovi sulla verticale condotta pel centro di gravità del pillo, è manifesto che la direzione della potenza elevatrice sarà sempre quella di cotesta verticale, e si otterranno que' vantaggi che dagli enunciati perfezionamenti ci possiamo ripromettere.

Osservando qui in Bologna alcuni Brillatoi da riso, ho veduto praticato un artificio che ha qualche somiglianza con quello suggerito dal Belidor (n.° 90). All'estremità dello sperone rettilineo, è inchiodata una piccola lunetta, o pezzo di legno tagliato a foggia di un segmento curvilineo; cotesta curvatura però, sembrami piuttosto quella di un arco di circolo, anzicchè della sua evoluta; e perciò pare che con questo artificio, più si sia pensato a diminuire gli attriti, che a rendere costante il momento della potenza.

93. È facile ora soggettare a calcolo gli effetti, ed i vantaggi di questi perfezionamenti. Immaginiamo che nel mulino da polvere descritto dal Belidor, venga introdotta la disposizione degli speroni e de' pilli che abbiamo descritta ne' numeri precedenti. Le equazioni generali (n.° 83, 85) del moto di questo mulino, subiranno le seguenti modificazioni. Non essendovi più attrito sensibile, contro gli appoggi di ciascun pillo, si potrà fare $f = f'' = 0$, e si avrà $m = \cos.{}^1/_2\varphi + p'.\frac{v'}{2g}$. E poichè dalle introdotte modificazioni risulta costante il braccio di leva della potenza elevatrice; e quindi indipendente dal valore dell'angolo φ, per ciò potrà farsi in quest'espressione $\varphi = 0$: e sarà

$$m' = 1 + p'.\frac{v'}{2g}.$$

(1) *Traité élémentaire des Machines*, Paris 1819. pag. 301.

Con e poi verrà calcolata la distanza CI, e non più la lunghezza dello sperone.

Supponiamo, per non cagiar punto l'effetto utile del calcolo precedente (n°. 87), che venga assegnata alla distanza CI la lunghezza del braccio medio che aveva luogo nella prima disposizione della macchina, e cioè la distanza orizzontale del centro di gravità dell'arco φ, dall'asse di rotazione. Ora questa distanza è $= 0{,}5414 \cdot \frac{\cos. 30^{\circ}}{1/3\,\pi}$; sarà dunque $e =$ m. 0,4477. Avremo in oltre $v' = 0{,}42 \times 2\pi e = 1{,}1814$; e perciò $m' = 1{,}607$. Introdotti questi valori nelle equazioni del n°. 83, e ritenute le altre denominazioni del n.° 87, risulterà finalmente

$$F = \text{chil. } 170{,}1508.$$

Ivi fu trovato $F = 215{,}5343$; avvi adunque un risparmio di forza motrice equivalente a chil. 45,3835; vale a dire ad $1/5$ circa del valore primitivo. E così, rimanendo al mulino lo stesso effetto utile, i perfezionamenti di che si tratta, cagioneranno un'economia di $1/5$, nell'effetto del motore.

94. Conoscendo io quanto siano vantaggiose agli Ingegneri le tavole per la riduzione delle misure antiche in misure metriche, ho cercato di raccogliere le principali, sotto rapporti esattissimi, coll'animo di qui, inserirle perchè ognuno abbia tutti i dati di che mi sono servito ne' calcoli numerici riportati nella presente operetta.

Di questa fatica, a dir vero, sarei stato a lunga pezza allegerito, e con maggiore vantaggio degli Ingegneri, se le Tavole del Martin, pubblicate in Parigi con un regolatore che ne faciliti la riduzione, fossero state esatte quanto dovevano: ma disgraziatamente per me, e per chi al par di me fu ingannato da quest' opera apparentemente eccellentissima; le tavole in essa riportate sono tutte quante sbagliate, toltone le misure di Parigi, che si riscontrano esattissime. Ciò ho voluto io dire, e per rivendicarmi del torto fattomi dal signor Martin, proponendomi l'associazione di un'opera così difettosa, e per rendere avvertiti i meno cauti, onde non si fidassero delle misure riportate in quel libro.

Troveranno ancora gl'Ingegneri una tavola contenente il peso di un metro cubo di diverse sostanze, espresso in chilogrammi, la quale è da me ricavata dalle tavole seguenti.

1.ª Da quella lunghissima che il Prony ha inserita nel primo volume della sua Architettura Idraulica.

2.ª Da quella riportata dal Fischer, e dal Biot, ne' loro trattati di Fisica.

3.ª Da quella riferita dai PP. Canovai e del Ricco, nel Tomo I de' loro Elementi di Fisica-Matematica.

4.ª E finalmente da quella che trovasi nel Tomo IV, sesto bimestre del 1821, pag. 478, del Giornale di fisica del Brugnatelli.

Oltre di che debbo avvertire, che il peso di un metro cubo de' *Mattoni cotti*, fu da me sperimentato anni sono, con una stadera ordinaria; il peso di un metro cubo di *Terra alluvionale*, è stato da me ricavato da un M.S. dell'Ingegnere Francesco, Bertelli sul suo progetto di costruire una Botte sotto il Reno con tubi di ferro fuso, all'occasione della progettata formazione di uno Scolo generale, onde por termine alla bonificazione delle nostre terre; ed il peso del Mercurio risulta dalle accurate sperienze di Biot ed Arago.

È vero che il miglior partito, nel caso di dover determinare il peso di una data sostanza, è quello di ricercarlo sul fatto; ma alcune volte ciò risulta malagevole al segno, che torna più vantaggioso il ricorrere alle tavole dai Fisici preparate. Il perchè ho io voluto qui registrare que' risultamenti che mi sono sembrati più esatti.

TAVOLE

Di riduzione, delle misure antiche in misure metriche.

MISURE BOLOGNESI

LINEARI

N.	Piedi in metri	Once in metri	Punti in metri
1	0,380098 29	0,031674 86	0,002639 57
2	0,760196 58	0 06334 972	0,005279 14
3	1,140294 87	0,095024 58	0,007918 71
4	1,520393 16	0,126699 44	0,010558 28
5	1,900491 45	0,158374 30	0,013197 85
6	2,280589 74	0,190049 15	0,015837 42
7	2,660688 03	0,221724 02	0,018476 99
8	3,040786 32	0,253398 88	0,021116 56
9	3,420884 61	0,285073 74	0,023756 13

Un metro equivale a piedi 2,630898.

SUPERFICIALI

N.	Piedi quad. in m. quad.	Once quad. in met. quad.	Punti quad. in met. quad.
1	0,144474 71	0,001003 297	0,000006967
2	0,288949 42	0,002006 594	0,000013934
3	0,433424 13	0,003009 891	0,000020901
4	0,577898 84	0,004013 188	0,000027868
5	0,722373 55	0,005016 485	0,000031835
6	0,866848 26	0,006019 782	0,000041802
7	1,011322 97	0,007023 079	0,000048769
8	1,155797 68	0,008026 376	0,000055736
9	1,300272 39	0,009029 673	0,000062703

Un metro quad. equivale a piedi q. 6,921627.

CUBICHE

N.	Piedi cubi in m. cub.	Once cube in met. cubi	Punti cubi in met. cubi
1	0,054914 59	0,000031 788	0,000000018 39
2	0,109829 18	0,000063 576	0,000000036 78
3	0,164743 77	0,000095 364	0,000000055 17
4	0,219658 36	0,000127 152	0,000000073 56
5	0,274572 95	0,000158 940	0,000000091 95
6	0,329487 54	0,000190 728	0,000000110 34
7	0,384402 13	0,000222 516	0,000000128 73
8	0,439316 72	0,000254 304	0,000000147 12
9	0,494231 31	0,000286 092	0,000000165 51

Un metro cubo equivale a p. c. 18,2100967.

PESI

N.	Libbre in chilog.	Once in chilog.	Chilogrammi in libbre
1	0,361850	0,030154 17	2,763576
2	0,723700	0,060308 34	5,527152
3	1,085550	0,090462 51	8,290728
4	1,447400	0,120616 68	11,054304
5	1,809250	0,150770 85	13,817880
6	2,171100	0,180925 02	16,581456
7	2,532950	0,211079 19	19,345032
8	2,894800	0,241233 36	22,108608
9	3,256650	0,271387 53	24,872184

MISURE FRANCESI

LINEARI

N.	Tese in metri	Piedi in metri	Pollici in metri	Linee in metri
1	1,9490363	0,3248394	0,02706995	0,00225583
2	3,8980726	0,6496788	0,05413990	0,00451166
3	5,8471089	0,9745182	0,08120985	0,00676749
4	7,7961452	1,2993576	0,10827980	0,00902332
5	9,7451815	1,6241970	0,13534975	0,01127915
6	11,6942178	1,9490363	0,16241970	0,01353498
7	13,6432541	2,2738758	0,18948965	0,01579081
8	15,5922904	2,5987152	0,21655960	0,01804664
9	17,5413267	2,9235546	0,24362955	0,02030247

Un metro equivale a piedi 3,078444

SUPERFICIALI

N.	Tese quad. in met. quad.	Piedi quad. in met. quad.	Pollici quad. in met. quad.	Linee quad. in met. quad.
1	3,7987425	0,10552064	0,00073278	0,0000050888
2	7,5974850	0,21104128	0,00146556	0,0000101776
3	11,3962275	0,31656192	0,00219834	0,0000152664
4	15,1949700	0,42208256	0,00293112	0,0000203552
5	18,9937125	0,52760320	0,00366390	0,0000254440
6	22,7924550	0,63312384	0,00439668	0,0000305328
7	26,5911975	0,73864448	0,00512946	0,0000356216
8	30,3899400	0,84416512	0,00586224	0,0000407104
9	34,1886825	0,94968576	0,00659502	0,0000457992

Un metro quad. equivale a piedi quad. 9,4768189

CUBICHE

N.	Tese cube in metri cubi	Piedi cubi in metri cubi	Pollici cubi in metri cubi	Linee cube in metri cubi
1	7,40388703	0,03427726	0,000019836	0,00000001148
2	14,80777405	0,06855452	0,000039673	0,00000002296
3	22,21166108	0,10283178	0,000059509	0,00000003444
4	29,61554811	0,13710904	0,000079346	0,00000004592
5	37,01943513	0,17138630	0,000099182	0,00000005740
6	44,42332216	0,20566356	0,000119018	0,00000006888
7	51,82720919	0,23994082	0,000138855	0,00000008036
8	59,23109621	0,27421808	0,000158691	0,00000009184
9	66,63498324	0,30849534	0,000178528	0,00000010332

Un metro cubo equivale a piedi cubi 29,17386

PESI

N.	Libbre in chilogrammi	Once in chilogrammi	Grossi in chilogrammi	Grani in chilogrammi
1	0,489506	0,03059 41	0,00382427	0,00005311
2	0,979012	0,0611882	0,00764853	0,00010623
3	1,468518	0,0917824	0,01147280	0,00015934
4	1,958024	0,1223765	0,01529706	0,00021246
5	2,447530	0,1529706	0,01912133	0,00026557
6	2,937036	0,1835647	0,02294559	0,00031869
7	3,426542	0,2141589	0,02676986	0,00037180
8	3,916048	0,2447530	0,03059412	0,00042492
9	4,405554	0,2753471	0,03441839	0,00047803

Un chilogrammo equivale a libbre 2,042876

MISURE INGLESI

LINEARI

N.	Tese in metri	Piedi in metri	Pollici in metri	Linee in metri
1	1,828793	0,304799	0,0253999	0,00211666
2	3,657586	0,609598	0,0507998	0,00423332
3	5,486379	0,914397	0,0761997	0,00634998
4	7,315172	1,219196	0,1015996	0,00846664
5	9,143965	1,523995	0,1269996	0,0105833o
6	10,972758	1,828793	0,1523995	0,0126999o
7	12,801551	2,133593	0,1777993	0,01481662
8	14,630344	2,438392	0,2031992	0,01693328
9	16,459137	2,743191	0,2285991	0,01904994

Un metro equivale a piedi 3,28085

SUPERFICIALI

N.	Tese quad. in met. quad.	Piedi quad. in met. quad.	Pollici quad. in met. quad.	Linee quad. in met. quad.
1	3,3444838	0,09290243	0,000645156	0,000004480
2	6,6889677	0,18580486	0,001290312	0,000008960
3	10,0334515	0,27870729	0,001935468	0,000013441
4	13,3779353	0,37160972	0,002580624	0,000017921
5	16,7224192	0,46451215	0,003225780	0,000022401
6	20,0669030	0,55741458	0,003870936	0,000026881
7	23,4113869	0,65031701	0,004516092	0,000031362
8	26,7558707	0,74321944	0,005161248	0,000035842
9	30,1003545	0,83612187	0,005806404	0,000040322

Un metro quad. equivale a piedi quad. 10,763981

CUBICHE

N.	Tese cube in metri cubi	Piedi cubi in metri cubi	Pollici cubi in metri cubi	Linee cube in metri cubi
1	6,11636856	0,02831657	0,00016388	0,00000009483
2	12,23273712	0,05663314	0,00032776	0,00000018965
3	18,34910569	0,08494971	0,00049164	0,00000028448
4	24,46547425	0,11326628	0,00065552	0,00000037931
5	30,58184281	0,14158285	0,00081940	0,00000047413
6	36,69821137	0,16989942	0,00098328	0,00000056896
7	42,81457993	0,19821599	0,00114716	0,00000066378
8	48,93094850	0,22653256	0,00131104	0,00000075861
9	55,04731706	0,25484913	0,00147492	0,00000085344

Un metro cubo equivale a piedi cubi 35,31501 16

PESI

N.	Libbre *avoir-du poize* in chilogrammi	Once *avoir-du-poize* in chilogrammi	Dramme *avoir-du-poize* in chilogrammi	Chilogrammi in libbre
1	0,453615	0,0283509	0,0017719	2,2045126
2	0,907230	0,0567019	0,0035439	4,4090253
3	1,360845	0,0850528	0,0053158	6,6135379
4	1,814460	0,1134037	0,0070877	8,8180505
5	2,268075	0,1417547	0,0088597	11,0225632
6	2,721690	0,1701056	0,0106316	13,2270758
7	3,175305	0,1984566	0,0124035	15,4315885
8	3,628920	0,2268075	0,0141755	17,6361011
9	4,082535	0,2551584	0,0159474	19,8406137

Hanno gli Inglesi un'altra libbra chiamata *troy*, la quale si divide come segue.

Libbra *troy* = 12 once = chil. 0,373135.
Oncia *troy* = 20 penny weight = chil. 0,0310946.
Penny weight *troy* = 24 grani = chil. 0,0015547.
Grano *troy* = chil. 0,0006478.

TAVOLA

De' pesi di un metro cubo di diverse sostanze, espressi in Chilogrammi.

Sostanze	Chilogrammi	Sostanze	Chilogrammi
Abete maschio	550,0014	Bismuto	9070,0000
Abete femmina	498,0011	Bittume di cemento	1796,7200
Acciaio	7767,0000	Bosso di Francia	912,0000
Acqua piovana, e distillata	1000,0000	Bosso d'Italia	1030,0000
Acqua di Fiume	1009,0009	Bosso di Spagna	1328,0300
Acqua del Ticino	1011,4000	Calce di Gera d'Adda, cotta e non bagnata	1172,0800
Acqua di Mare	1026,3000	Calce della Trebbia presso Piacenza	1237,5200
Alabastro orientale bianco antico	2731,1212	Campeggio	913,0016
Alabastro orientale bianco e semitrasparente	2761,8012	Carbon fossile	1240,0000
Alabastro orientale rossastro	2833,2307	Chieppo di grana fina misto di qualche ciottolo	2303,5710
Alabastro giallo	2699,3302	Cera	957,0000
Alabastro venato	2691,3299	Ciliegio	715,0004
Alabastro di Valenza	2637,9296	Cipresso di Spagna	644,0003
Alabastro di Montmartre	2683,0661	Cipresso d'Italia	591,0000
Amianto	2913,0000	Cristallo di monte	2653,0000
Argento	10784,0000	Diaspro malachite bianco	2950,2305
Argilla	1929,0000	Diaspro malachite olivastro	2982,9301
Aria comune	1,2323	Diaspro malachite verde	2966,0306
Aria pura	1,2928	Diaspro verde chiaro	2358,7308
Beola del Lago Maggiore	2615,8900	Diaspro verde caricato	2624,0088

Sostanze	Chilogrammi	Sostanze	Chilogrammi
Diaspro rosso	2661,2298	Marmo macchiato di Piemonte	2729,6299
Diaspro olivastro	2710,1313	Marmo turchino di Carrara	2713,2316
Ebano	1177,0000	Marmo verde antico di Grenoble	2803,0299
Etere solforico	730,5000	Marmo verde d'Egitto	2668,3306
Faggio	852,0072	Mattoni cotti	1742,0000
Ferro	7465,0000	Mattoni frantumati	975,6800
Ferro battuto	7788,0892	Mattoni 336 costituenti un met. cubo di Vol.	1410,0080
Ferro fuso	7207,0884	Melo	793,0007
Frassino	845,0000	Mercurio	13597,1900
Gesso	1228,0000	Muro vecchio di mattoni in calce	1753,8500
Gesso compatto	2080,0000	Nespolo	944,0006
Ghiaia gradizzata	1689,6800	Noce	671,0022
Ghiaia naturale	1665,8400	Nocciuolo, detto anche Avellano	600,0009
Ginepro	556,0041	Olio di Lino	932,0000
Granito rosso di Baveno	2062,2590	Olio di Noce	934,0000
Granito bianco del Lago Maggiore	2656,5870	Olio d' Uliva	913,0000
Granito bianco della Riva di Chiavenna	2624,2870	Olivo	927,0004
Grés	2335,0000	Olmo	600,0000
Lapislazzulo	3054,0000	Ontano	580,0000
Lavagna turchina	3500,0000	Oppio	1363,0000
Lauro	549,0000	Oro	19258,0000
Legno santo	1333,0296	Ottone	8395,8882
Marmo bianco di Carrara	2716,8291	Pero	661,0004
Marmo nero di Varenna	2722,3220	Pietra bigia da pavimenti	2415,8310

Sostanze	Chilogrammi	Sostanze	Chilogrammi
Pietra di Mapello	2632,0870	Sal comune	1918,0000
Pino	430,0000	Salnitro	1900,0000
Piombo	11352,4470	Selce	2542,0000
Pioppo	383,0010	Selce d'Egitto	2578,0000
Pomice	914,5002	Stagno	7264,0000
Pozzolana di Roma	1231,5200	Sughero	240,0032
Pruno	785,0007	Susino secco	660,0000
Quarzo cristallizzato	2654,6306	Tasso d' Italia	760,0000
Quarzo in massa	2647,1299	Tasso d' Olanda	788,0966
Quercia secca	1670,0000	Tasso di Spagna	804,7605
Quercia verde	930,0000	Terra sabbioniccia	1338,6400
Rame rosso, fuso e non fabbricato	7788,0892	Terra alluvionale	1686,5670
Rame rosso, fuso e passato alla trafila	8878,6171	Terra da Vaseria	1900,0000
Rame giallo, fuso e non fabbricato	8395,8882	Tiglio	604,0000
Rame giallo, fuso e passato alla trafila	8544,2181	Travertino	2483,5305
Rovere	855,5485	Tufo	1410,0000
Sabbia viva	1404,0800	Vetro	2620,0000
Salcio	584,9998	Zinco	6862,0000

FINE.

INDICE

DEI TRATTATI CONTENUTI IN QUESTO VOLUME.

LIBRO PRIMO

Borgnis. Delle macchine idrauliche . . . . pag. 1
Degli strumenti operatori atti ad innalzar l'acqua . . . » idem
Secchi . . . . . » idem
Paloni, Cesto . . . . . » 2
Altaleni . . . . . » 3
Noria, Tromba a cappelletti verticali, Tromba a cappelletti inclinati . » 4
Ruote a timpani, o a cassette . . . . . » 5
Viti idrauliche, Vite d'Archimede, Vite Olandese . . . » 6
Trombe, Tomba aspirante semplice . . . . . » 7
Tromba premente semplice . . . . . » 11
Tromba aspirante insieme, e premente . . . . . » 13
Valvole . . . . . » 27
Stantuffi . . . . . » 31
Macchine idrauliche per compressione d'aria . . . . » 38
Delle macchine a sifone . . . . . » 43
Macchine a colonna d'acqua . . . . . » 59
Arieti idraulici . . . . . » 65

LIBRO SECONDO

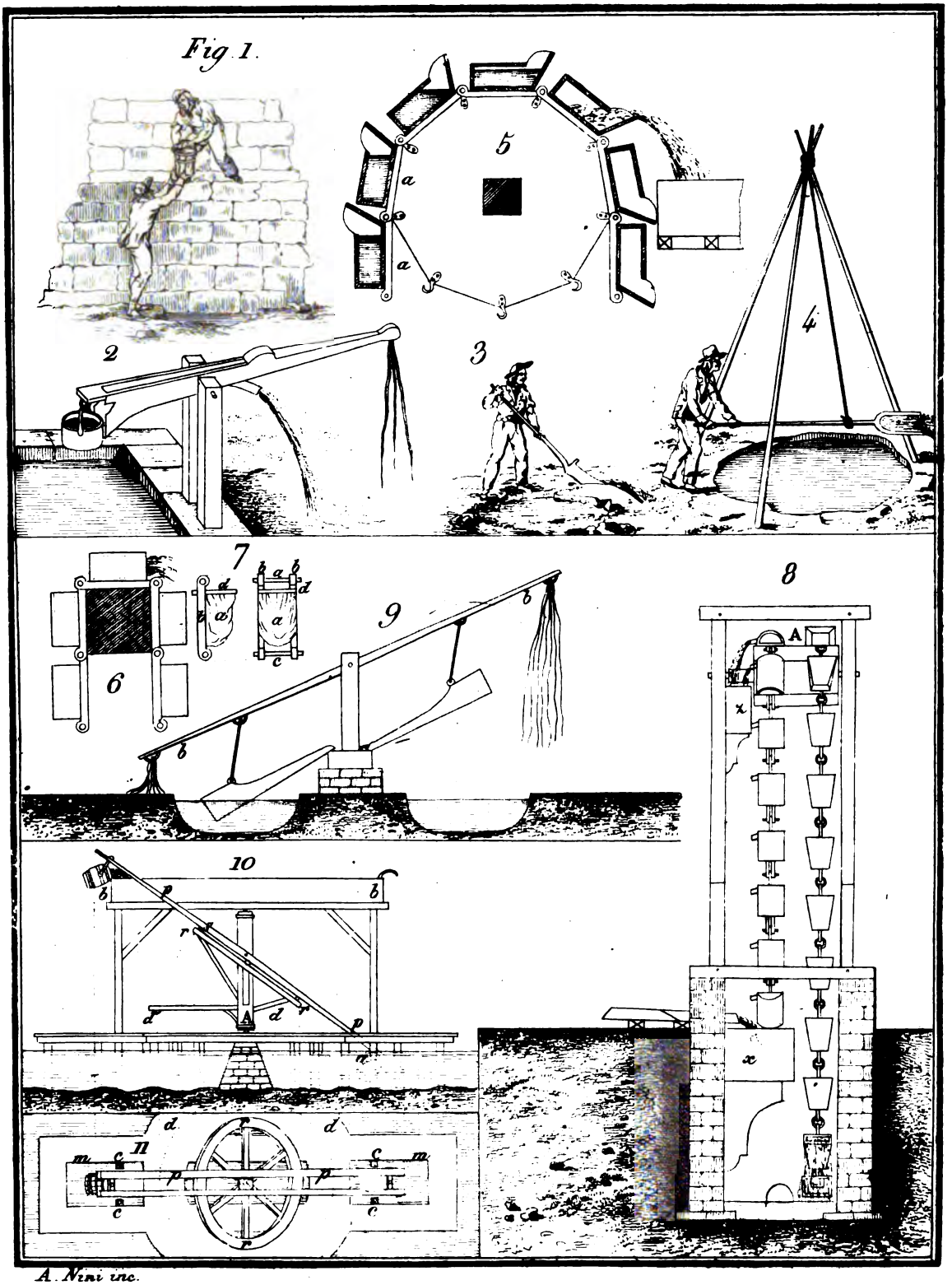
Macchine idrauliche che innalzano l'acqua pei bisogni domestici, e pei lavori dell'agricultura . . . . . » 80
Pozzi . . . . . » idem
Cisterne . . . . . » 83
Della condotta, e della distribuzione delle acque nelle città . . » 90
Acquedotti antichi . . . . . » 91
Acquedotti del medio evo, acquedotti moderni . . . » 92
Canale dell'Ourcq . . . . . » 93
Delle macchine per innalzar l'acqua occorrente ai bisogni d'una numerosa popolazione . . . . . » 101
Delle trombe d'incendio . . . . . » 112
Del disseccamento delle paludi . . . . . » 128
Delle irrigazioni . . . . . » 127

LIBRO TERZO

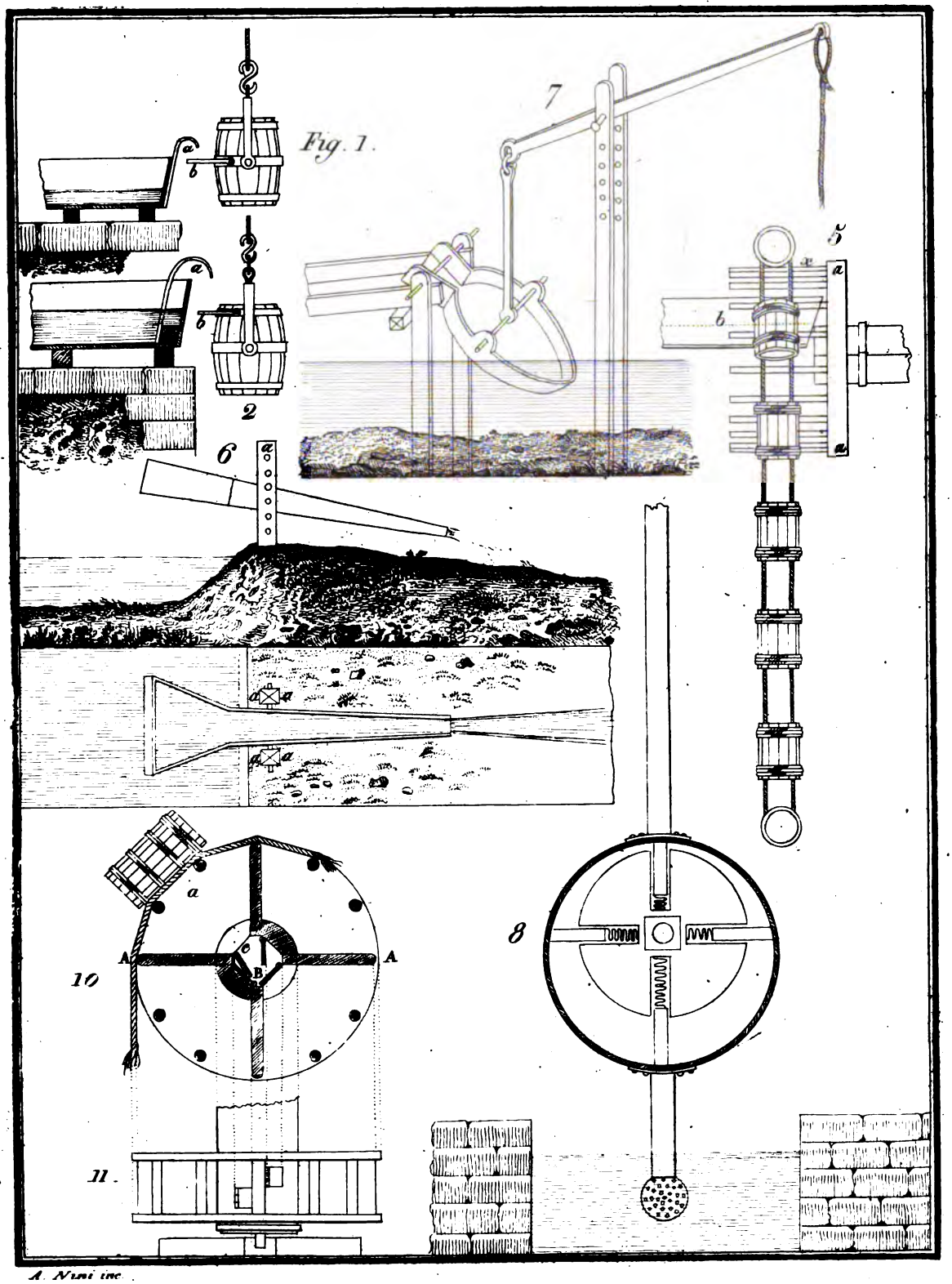
Degli esaurimenti d'acqua temporanei . . . . . » 144
Esaurimenti dell'acqua contenuta nei bacini di costruzione . . » 160
Esaurimenti d'acqua a bordo d'una nave . . . . » 162

LIBRO QUARTO

Delle macchine per estrarre l'acqua dalle miniere . . . . » 168
Macchine a vapore adattate agli esaurimenti ed all'estrazione del minerale dalle miniere . . . . . « 200
MAGISTRINI G. B. Nuove ricerche sulla teorica, e sulle pratiche applicazioni della percossa idraulica . . . . . » 207
MASETTI G. B. Trattato teorico sperimentale delle ruote idrauliche, e dei mulini da grano e da pestare . . . . . » 303



A. Nini inc.



A. Nini inc.

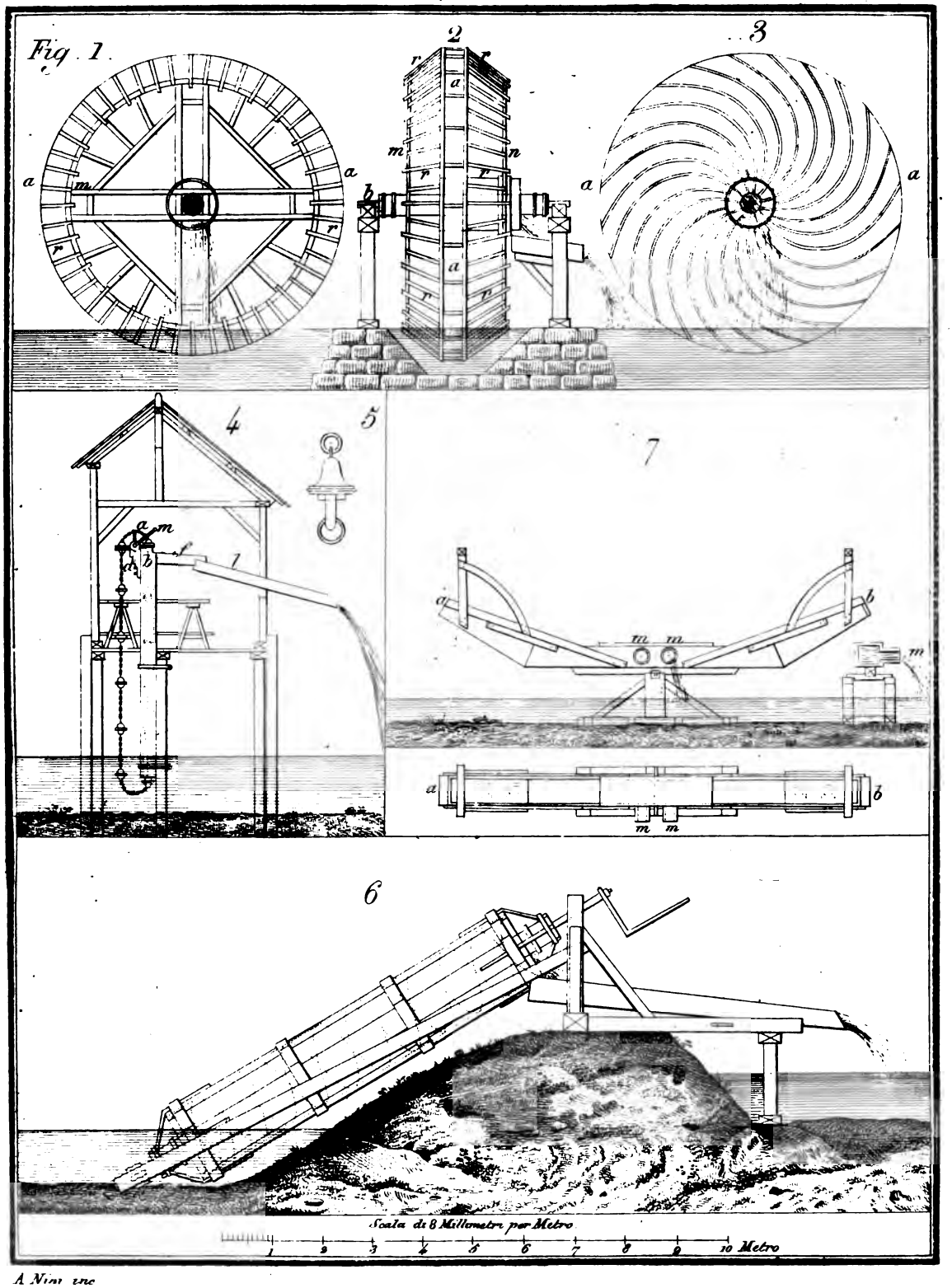


Fig. 1
2
3
4
5
7
6
a
m
r
b
n
f
l
Scala di 8 Millimetri per Metro
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Metro

A Nini inc

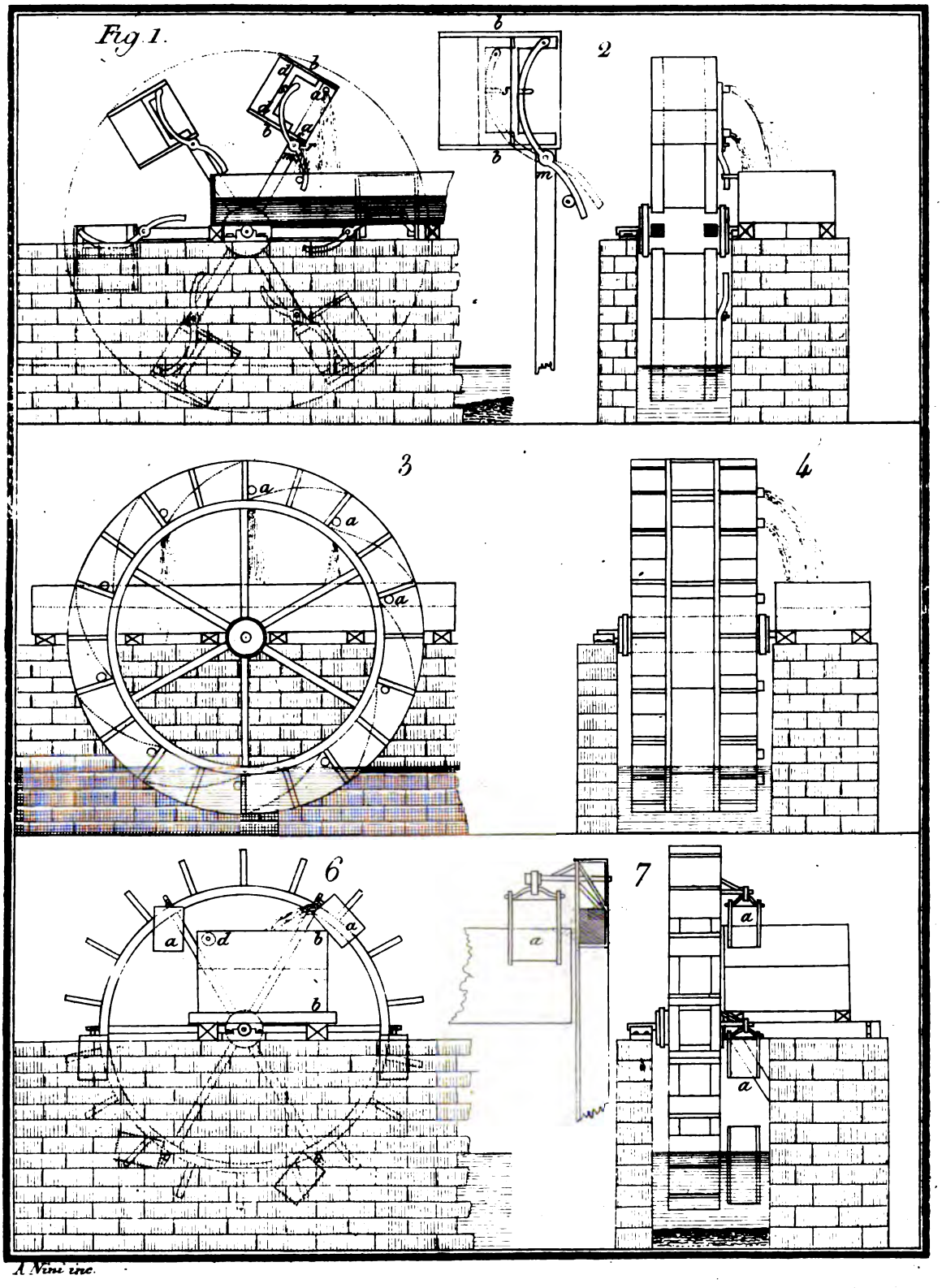


Fig. 1.
2
3
4
6
7
A Nini inc.

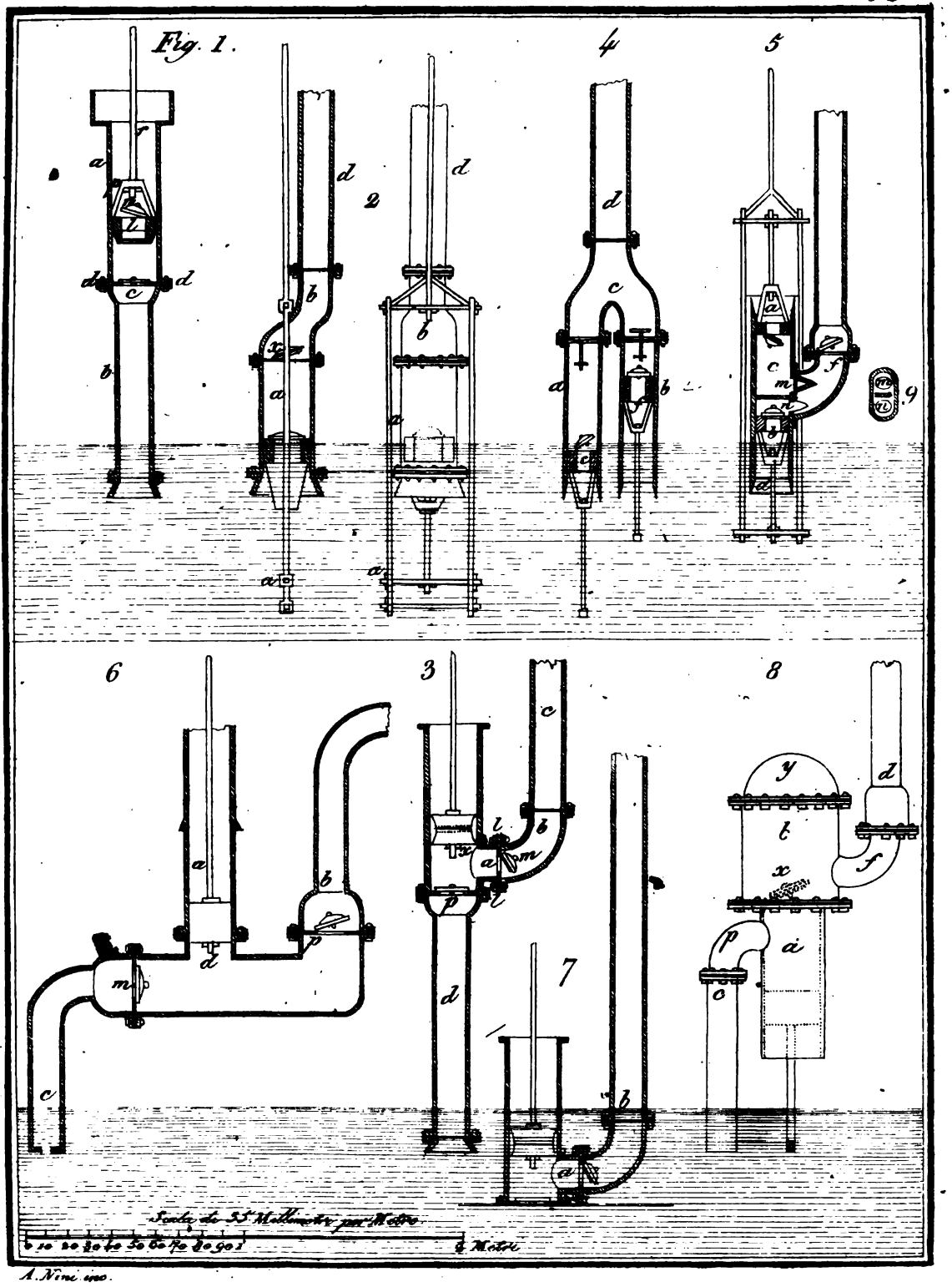


Fig. 1.
2
4
5
9
6
3
7
8
Scala de 35 Millimetri per Metro
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 1
Metri

A. Nini inc.

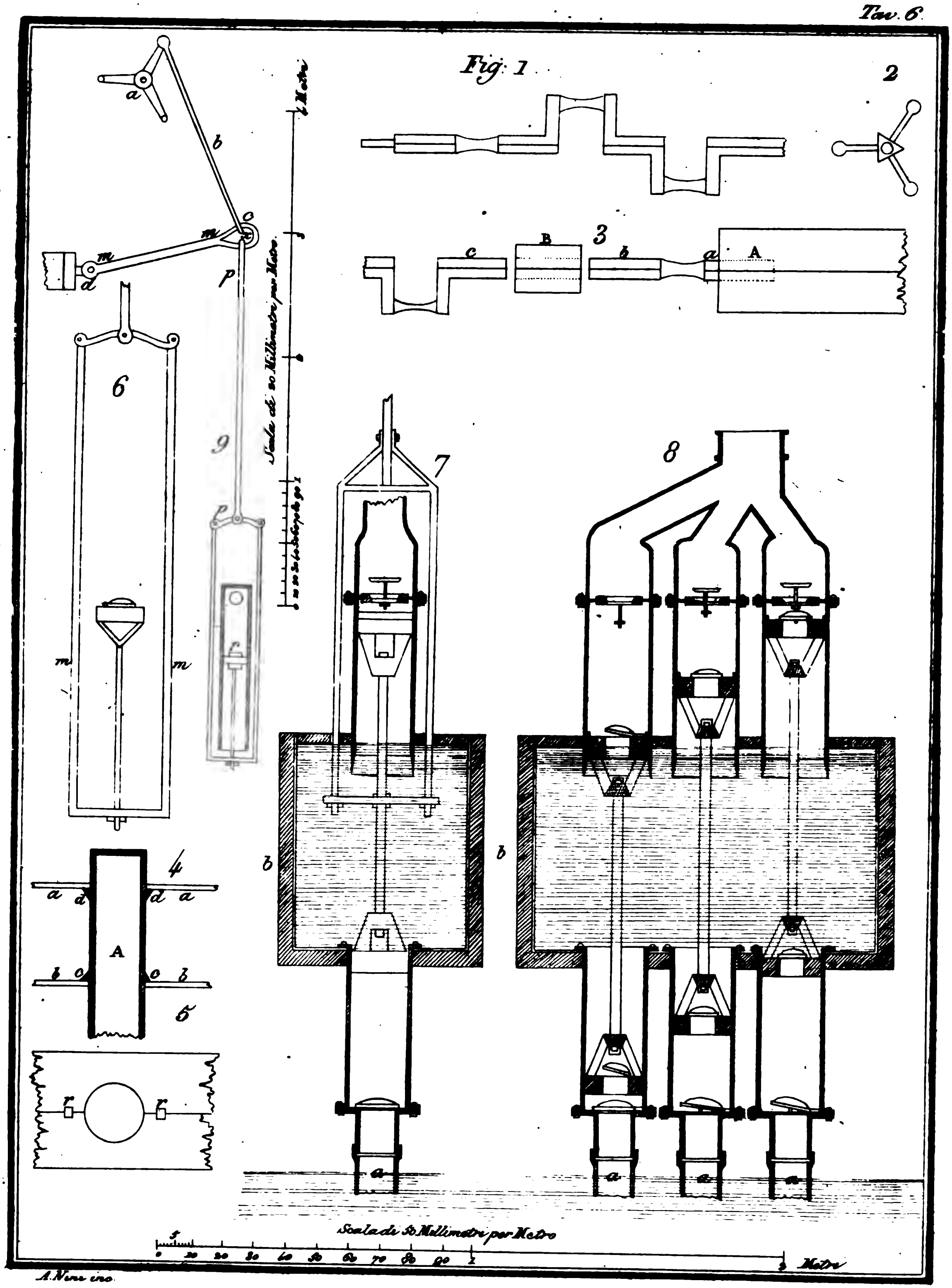
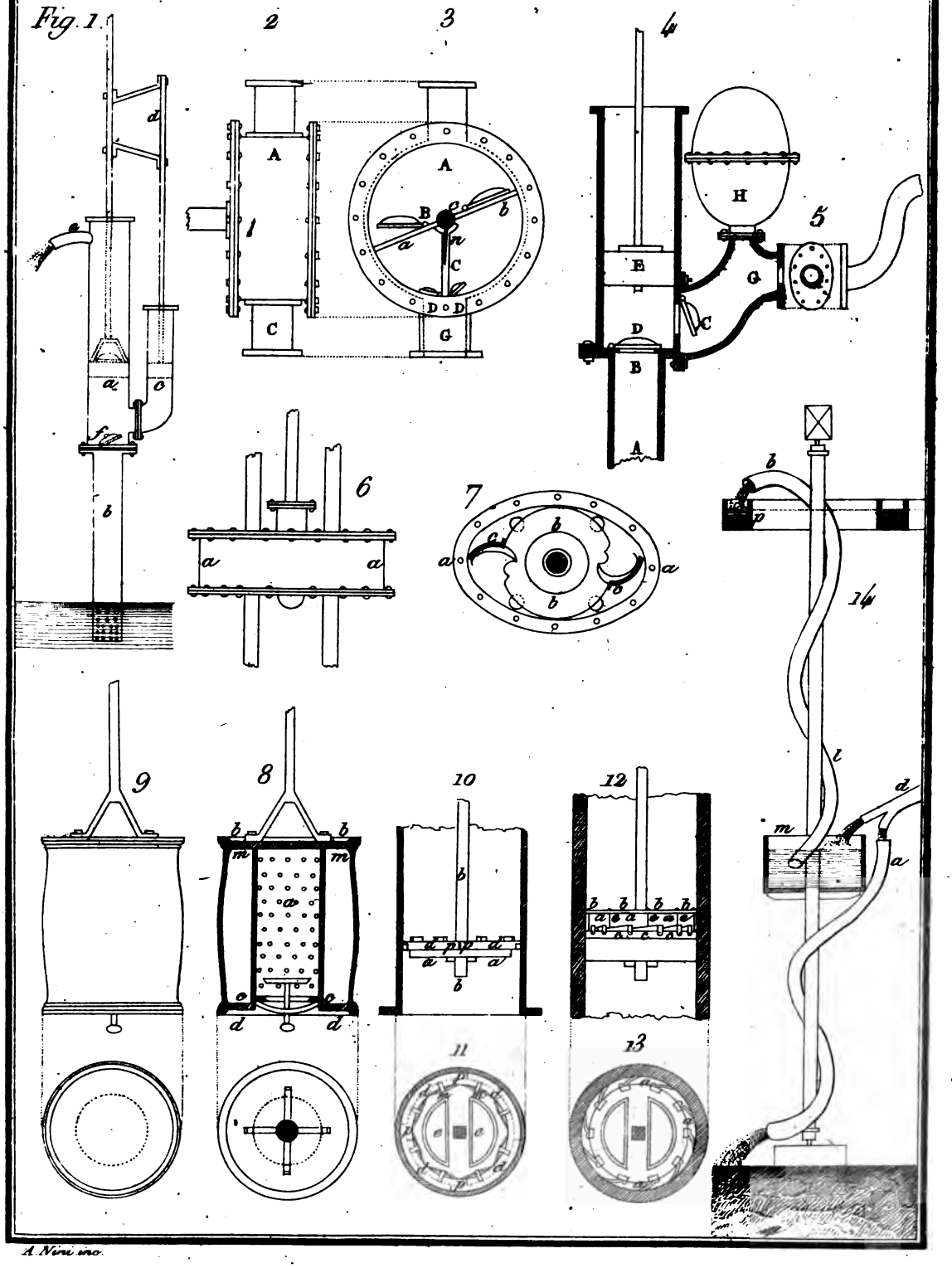


Fig: 1
2
3
4
5
6
7
8
9
Scala di 50 Millimetri per Metro
Scala di 50 Millimetri per Metro
Metro

A. Nini inc.



A. Nini inc.

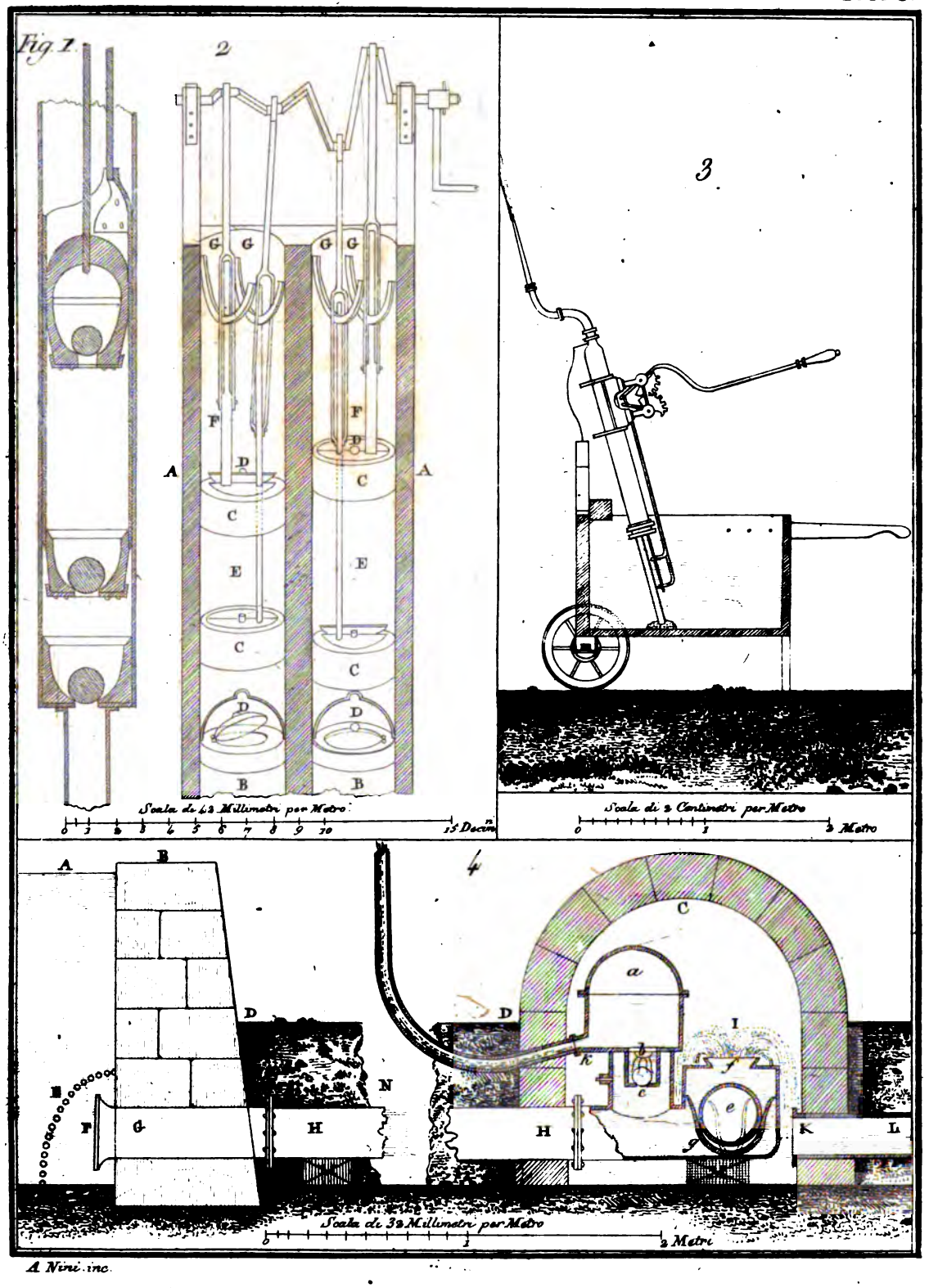
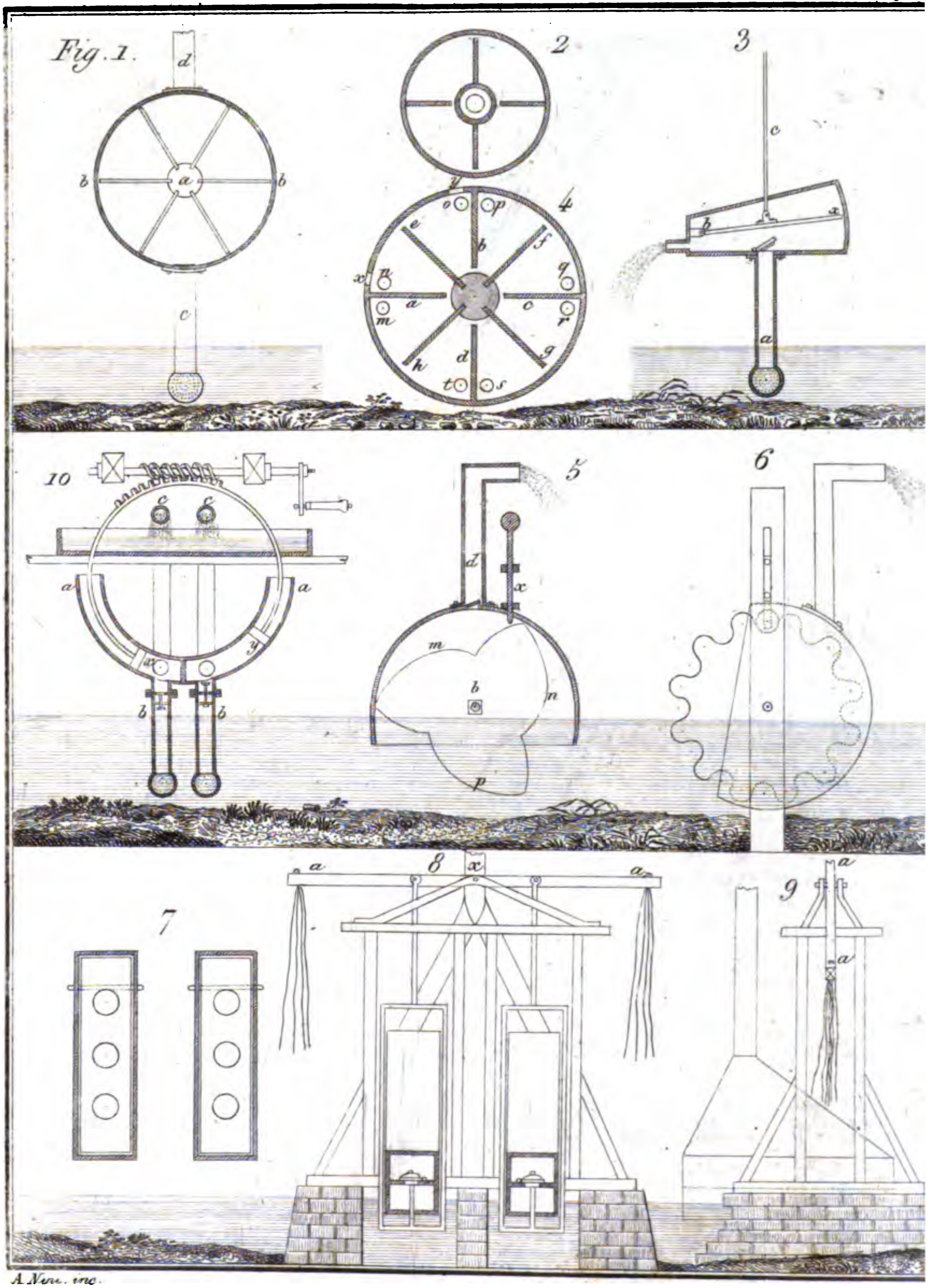


Fig 1.
2
3
4
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
N
a
b
c
e
f
g
h
Scala di 43 Millimetri per Metro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 Decim.
Scala di 2 Centimetri per Metro
0 1 2 Metro
Scala di 32 Millimetri per Metro
0 1 2 Metri

A Nini. inc.



A. Nen. inc.

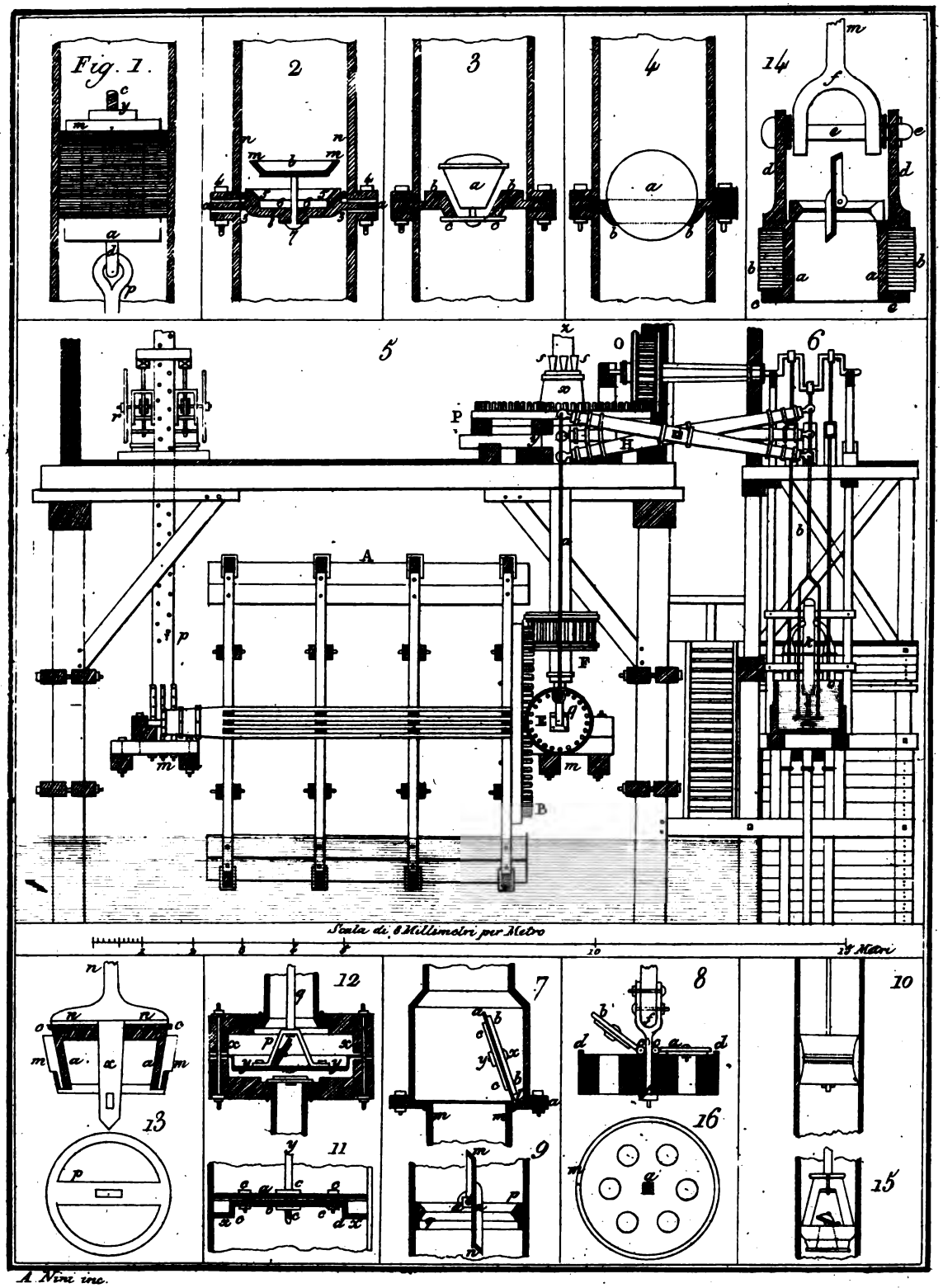
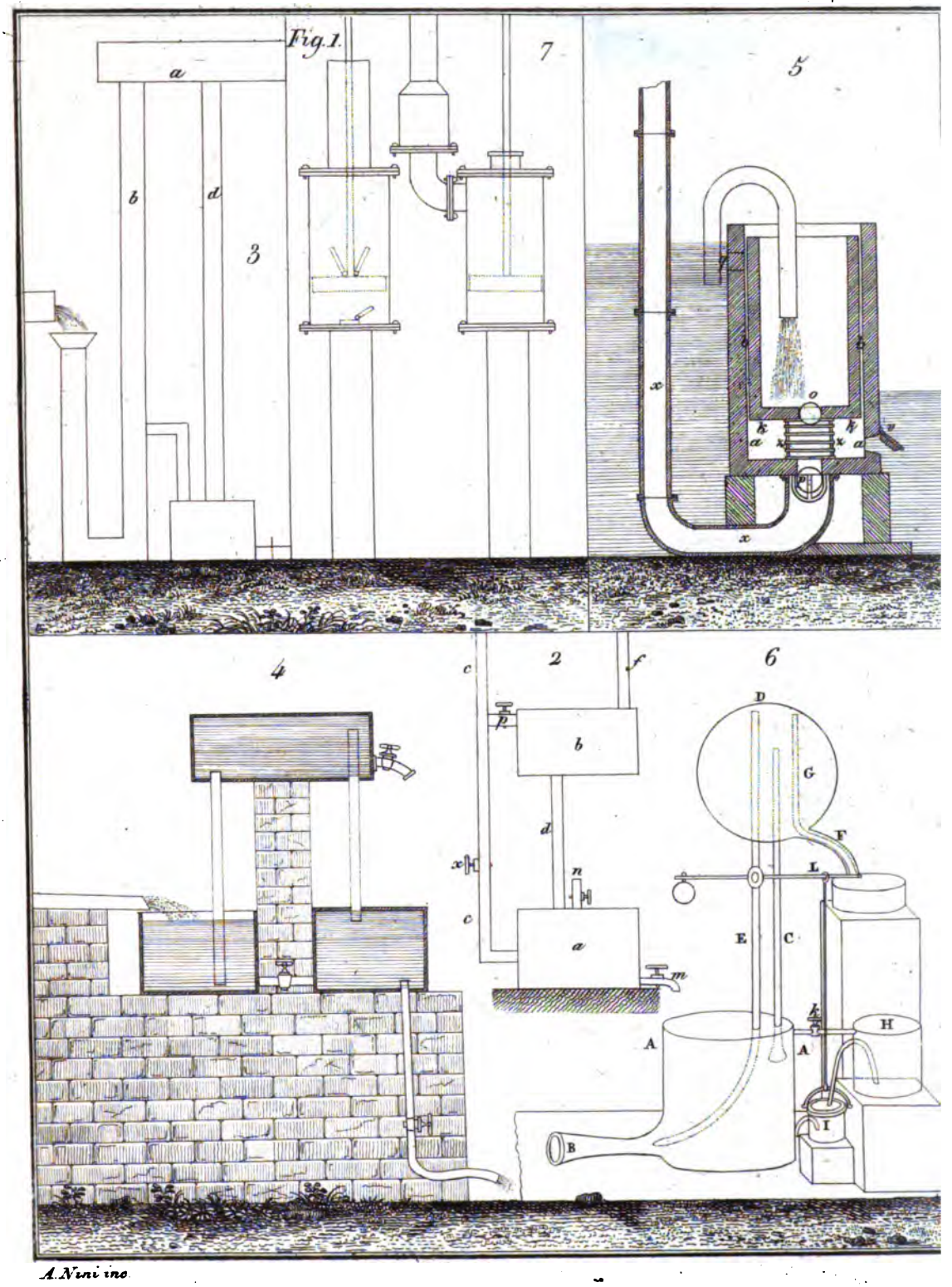


Fig. 1.
2
3
4
14
5
6
Scala di 8 Millimetri per Metro
0
1
2
3
4
10
18 Metri
12
7
8
10
13
11
9
16
15
A. Nini inc.



A. Nini inc

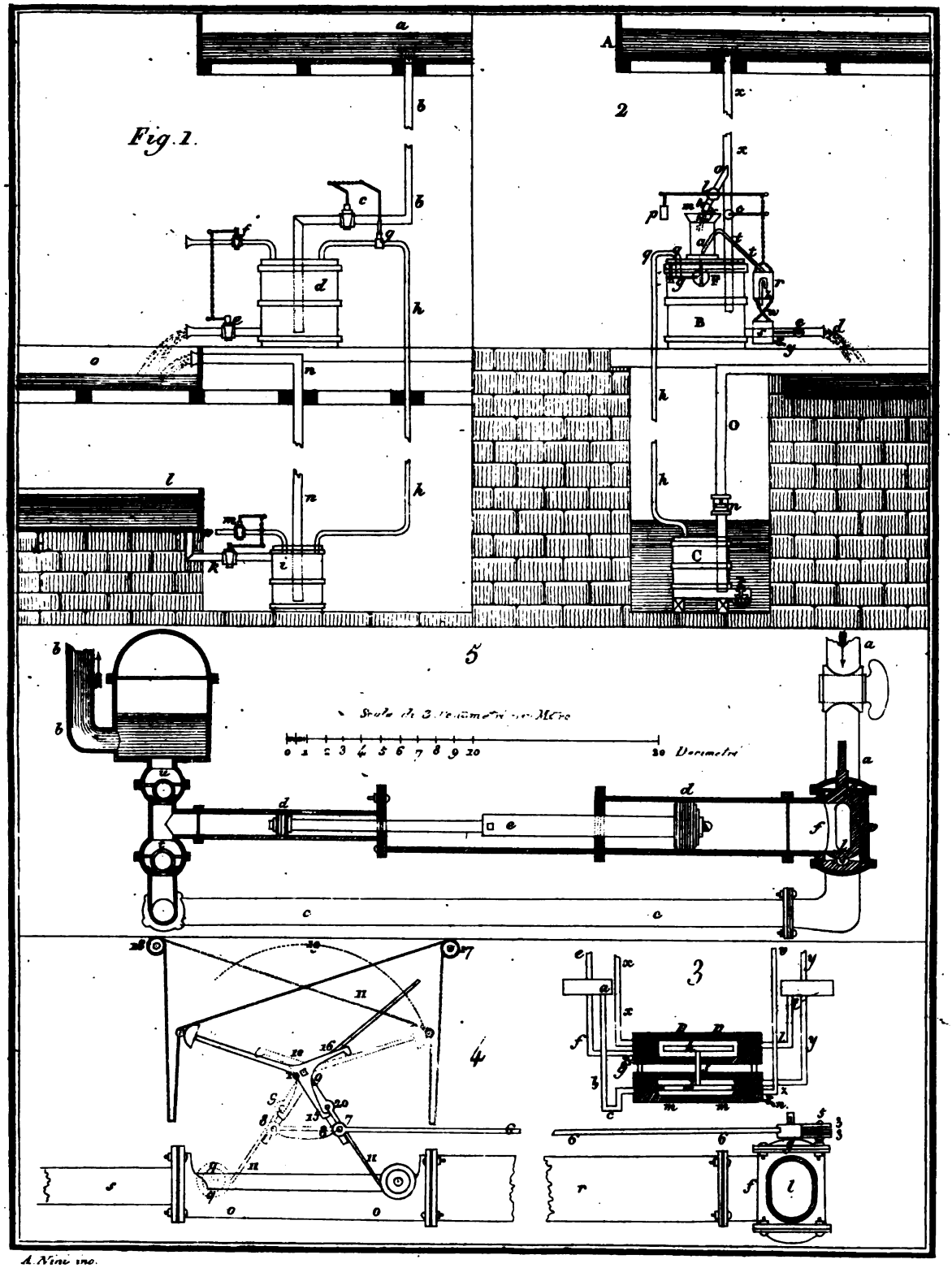


Fig. 1.
2
5
4
3
Scala di 3 Decimetri per Metro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
10 Decimetri

A. Nini inc.

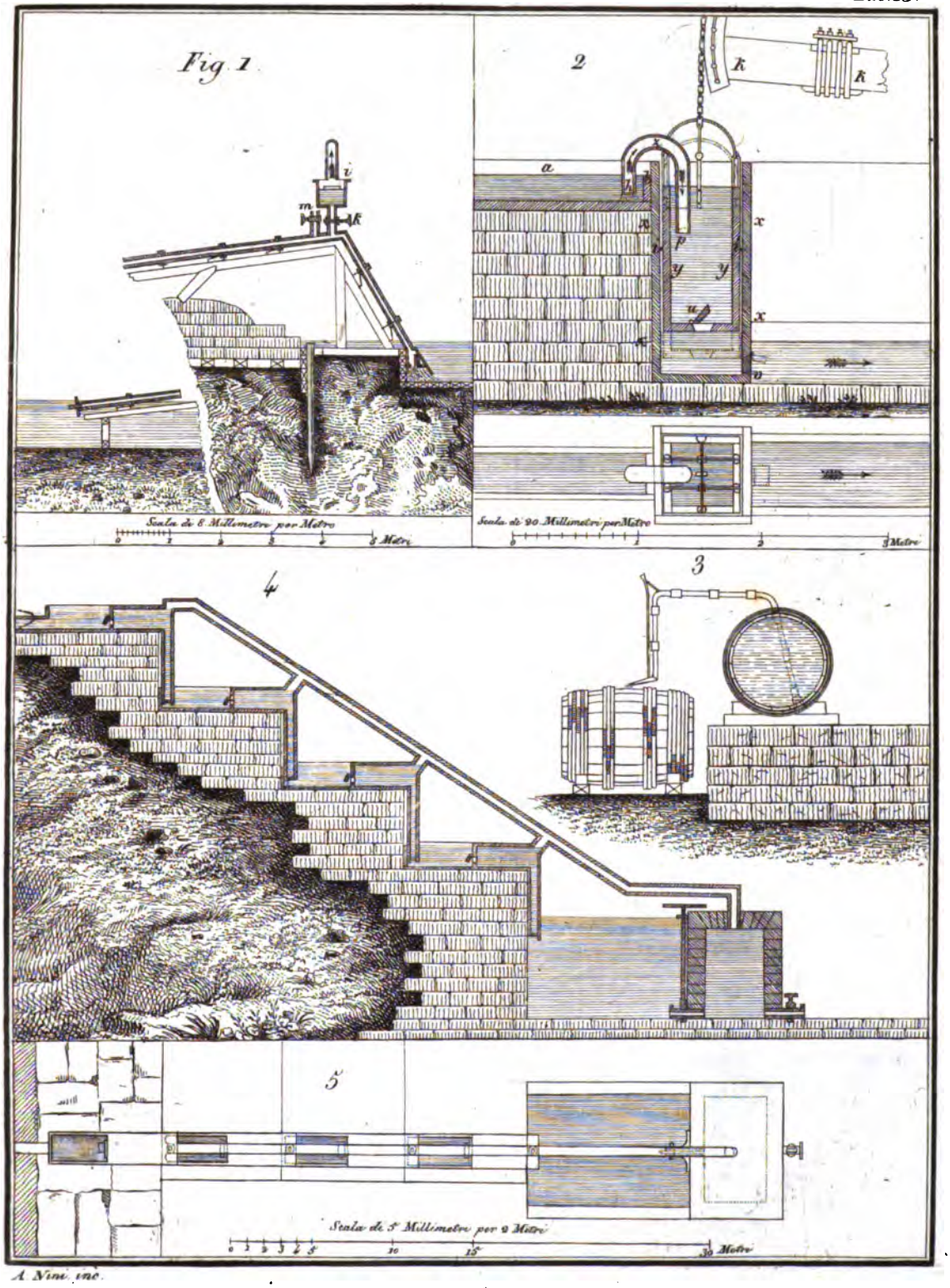
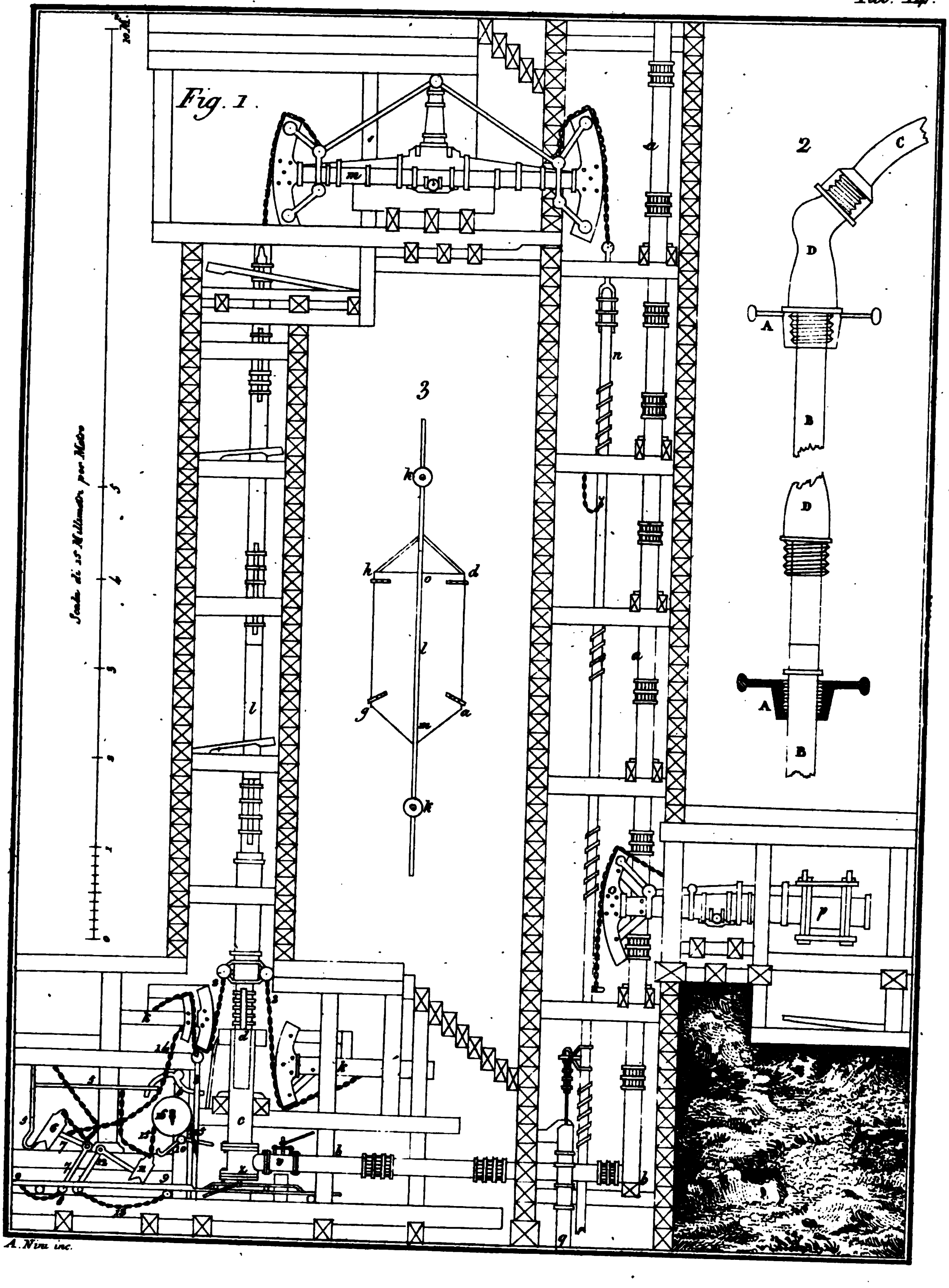
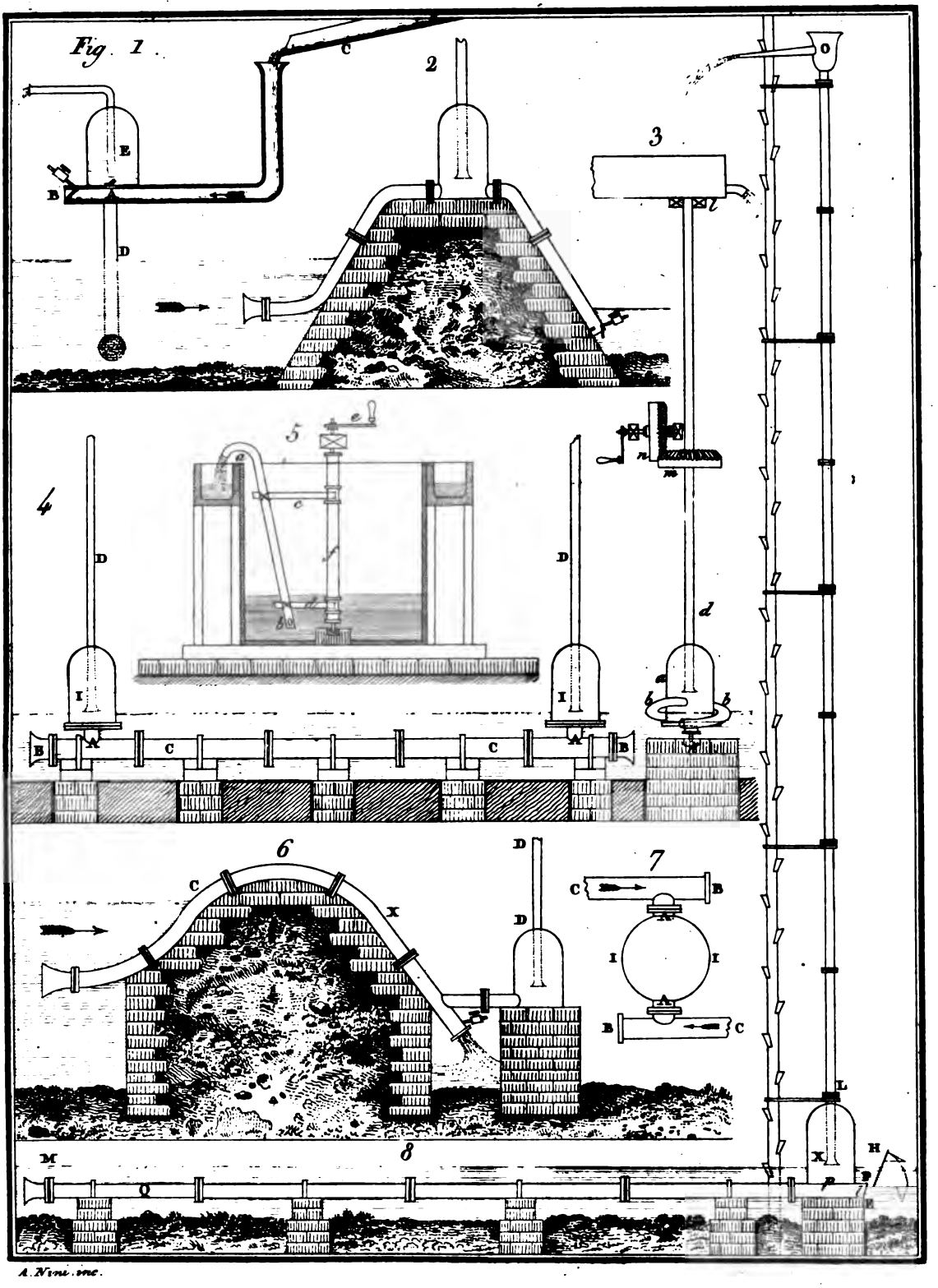


Fig. 1
i
m
k
Scala di 8 Millimetri per Metro
0 1/2 1 1 1/2 2 2 Metri
2
K
K
a
x
x
p
y
y
x
u
v
Scala di 90 Millimetri per Metro
0 1/2 1 2 3 Metri
3
4
5
Scala di 5 Millimetri per 2 Metri
0 1/2 1 1 1/2 2 5 10 15 20 Metri

A. Nini inc.



A. Niva inc.



A. Nini. inc.

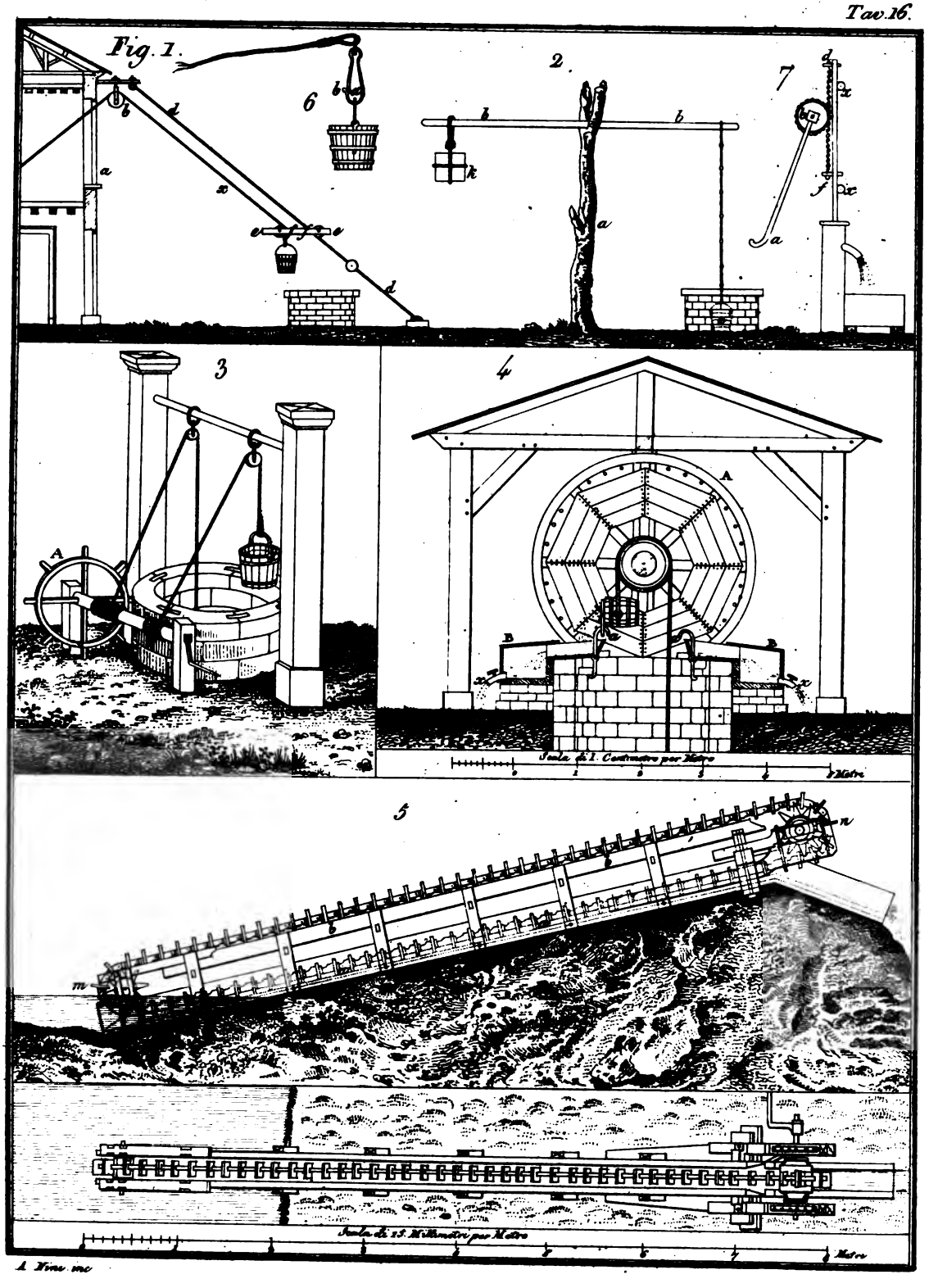


Fig. 1.
2.
3
4
5
6
7
Scala di 1. Centimetro per Metro
Scala di 15 Millimetri per Metro

A. Vinc. inc

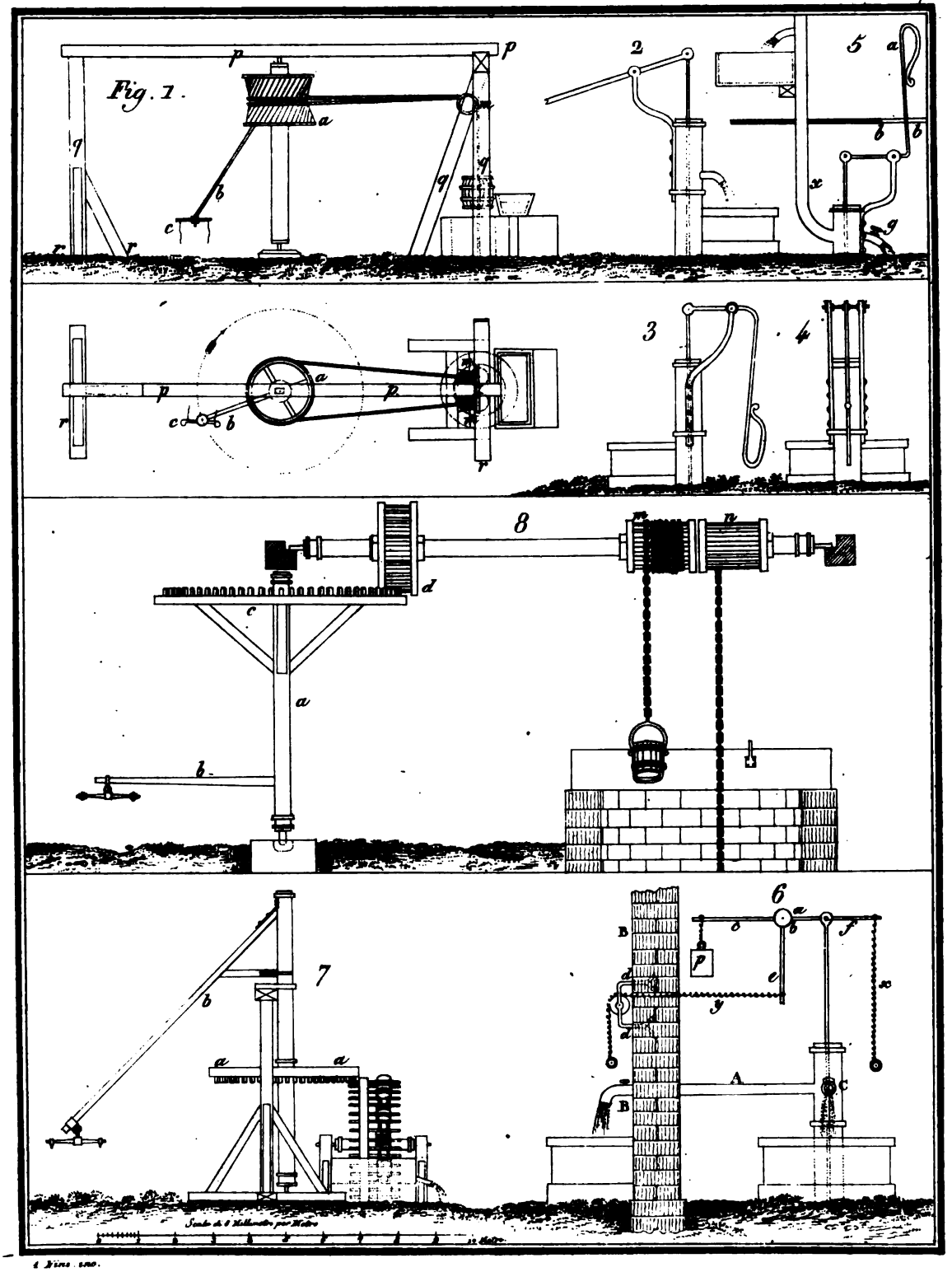


Fig. 1.
p
p
a
q
q
q
b
c
r
r
2
5
a
b
b
x
g
3
4
a
p
p
c
b
r
r
8
m
n
d
c
a
b
7
b
a
a
6
B
a
b
b
f
P
d
e
y
x
A
C
B

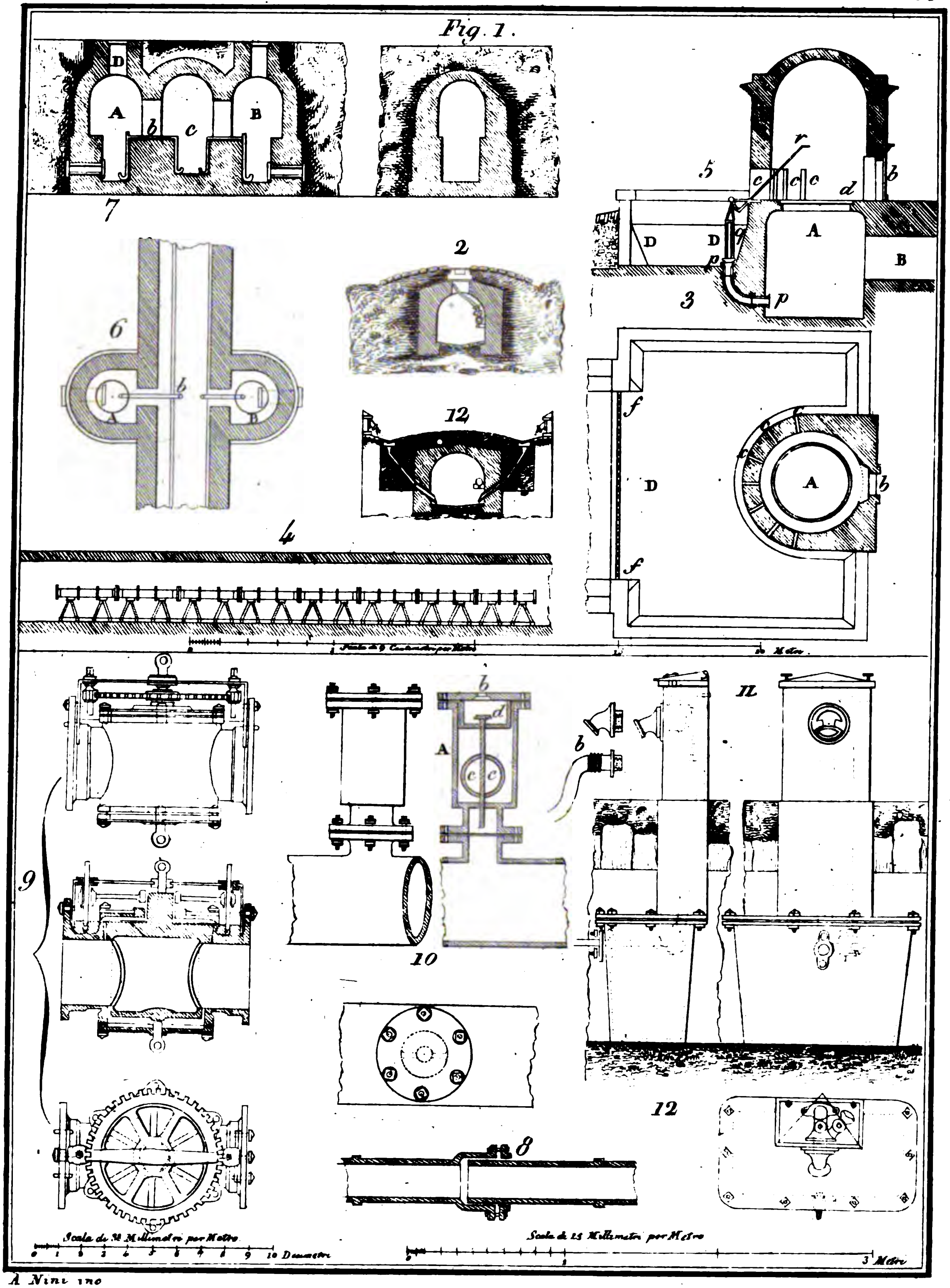
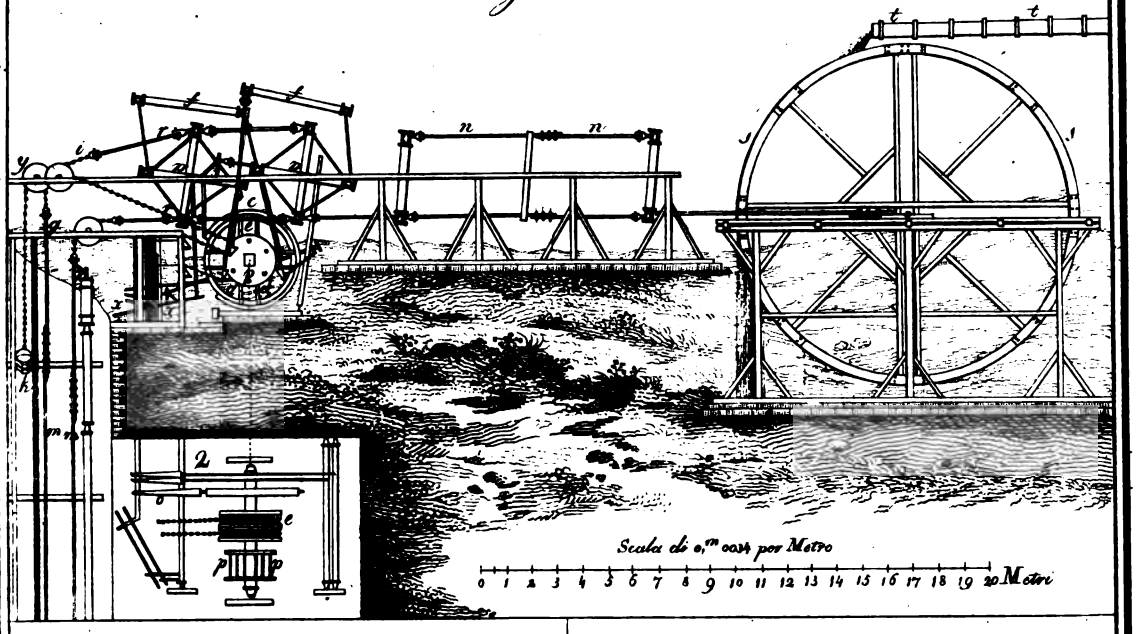
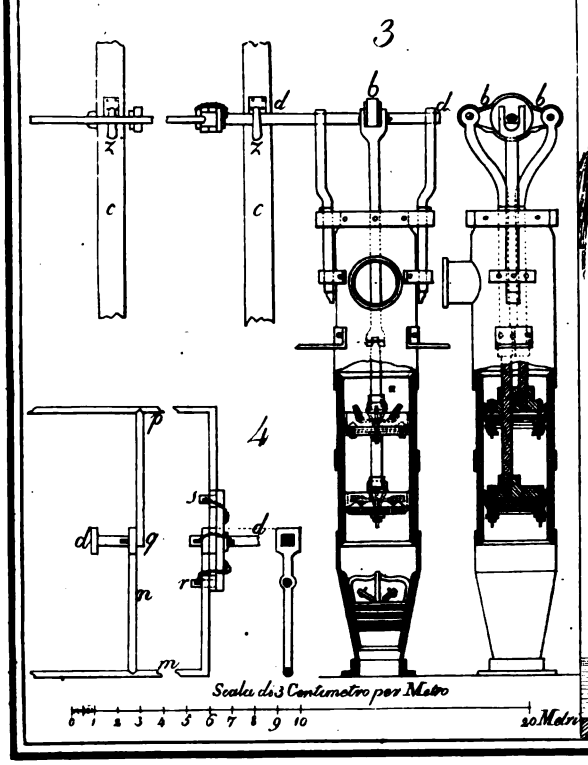


Fig. 1.
D
A
b
c
B
7
2
6
b
12
4
5
r
c
c
c
d
b
A
D
D
B
p
p
3
f
D
A
b
f
9
A
b
d
c c
b
10
11
12
8
Scala di 31 Millimetri per Metro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Decimetri
Scala di 25 Millimetri per Metro
0
1
3 Metri

A. Nini inc

Fig. 1.


Scala di 0,m 0034 per Metro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Metri


3
4
Scala di 3 Centimetro per Metro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 Metri

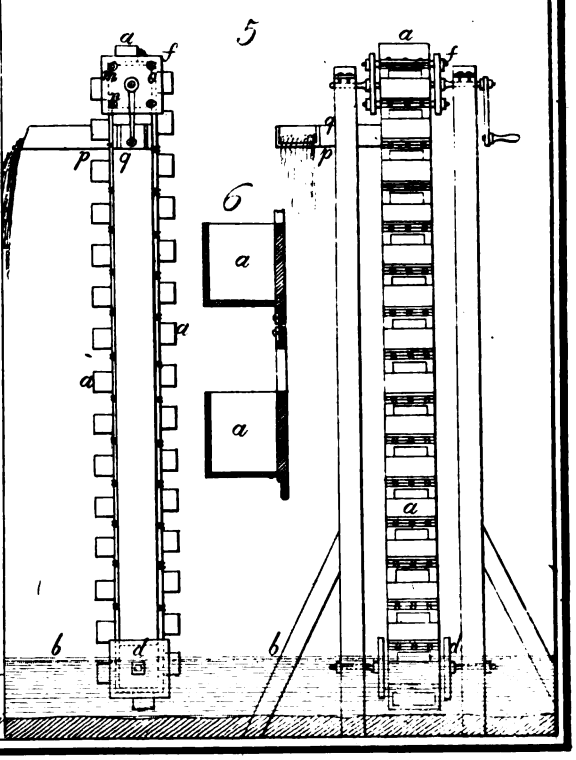
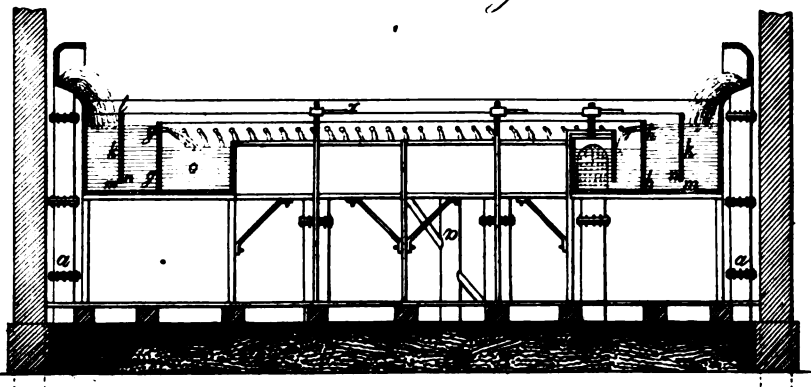
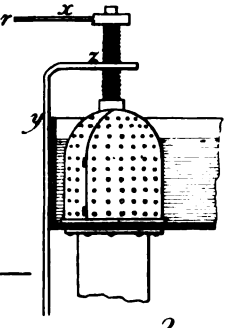
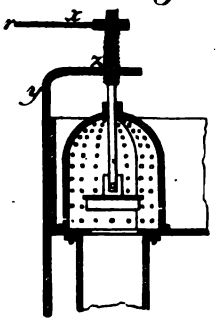

5
6

Fig. 1.

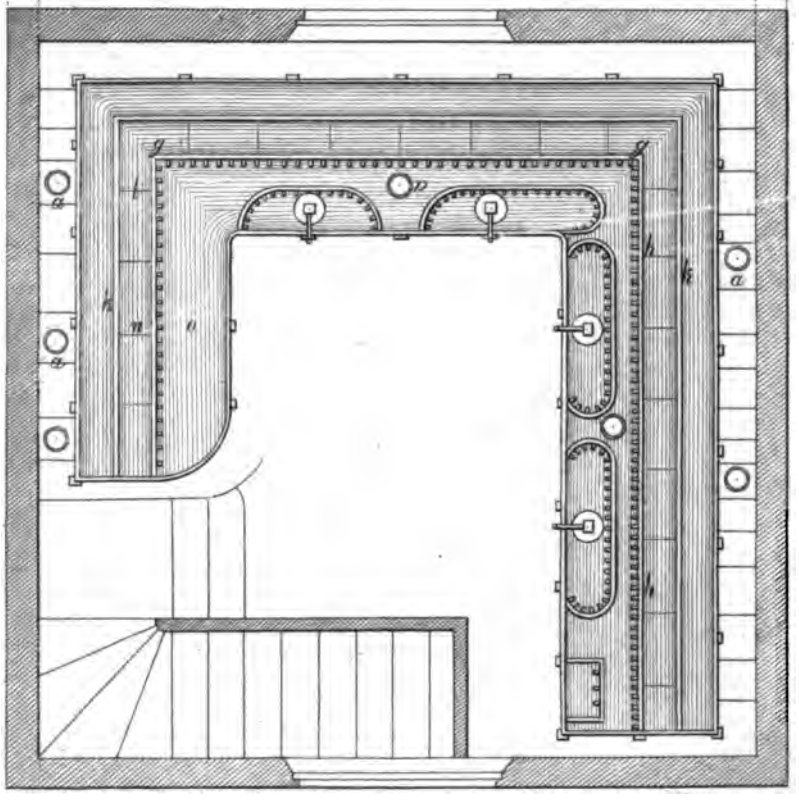




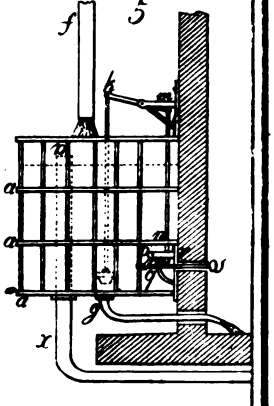
3



2



5



Scala di 15 Millimetri per Metro

0 1 2 3 4 5 Metri

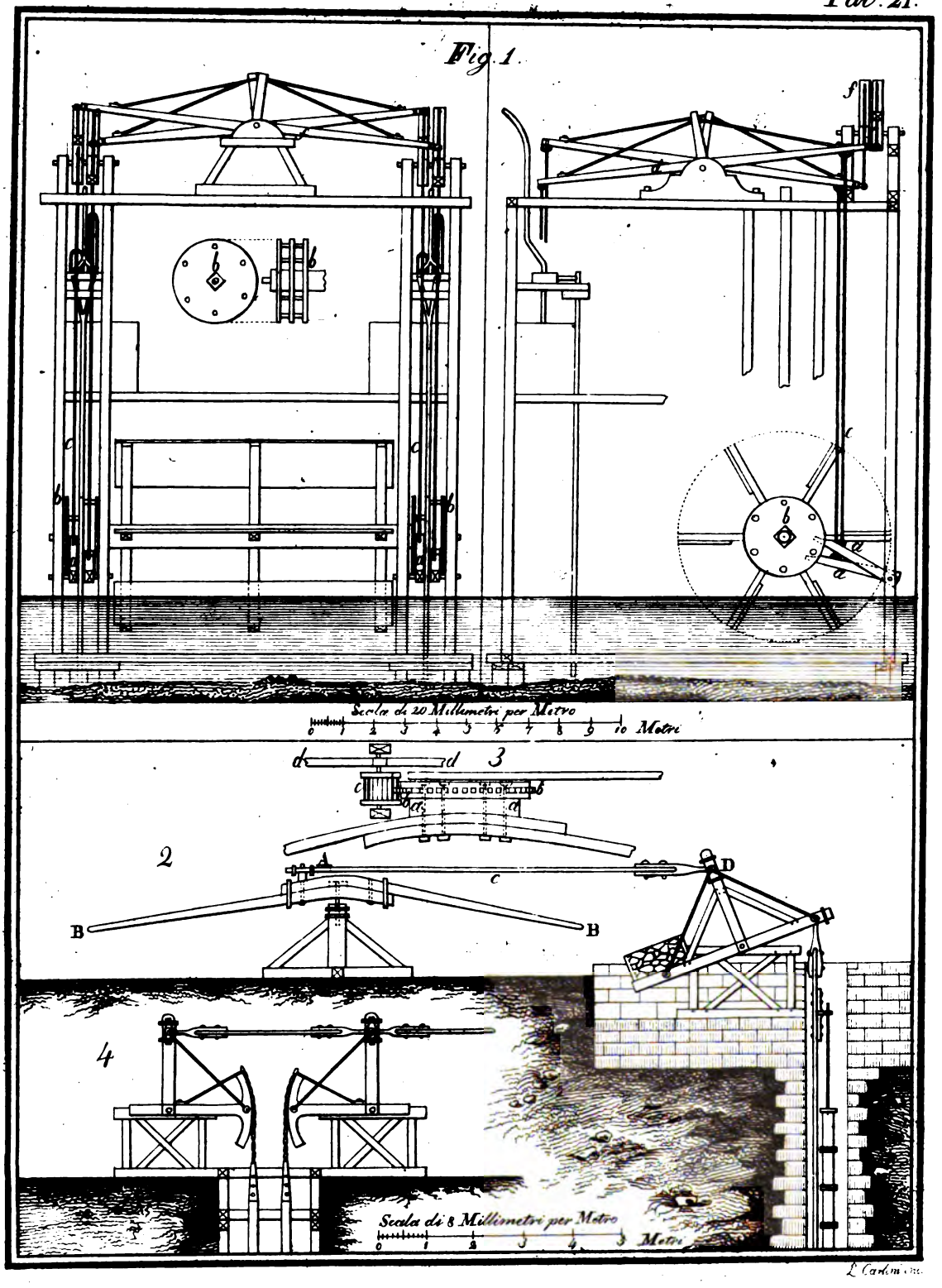


Fig. 1.
Scala di 20 Millimetri per Metro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Metri
2
3
4
A
B
B
C
D
Scala di 8 Millimetri per Metro
0 1 2 3 4 5 Metri

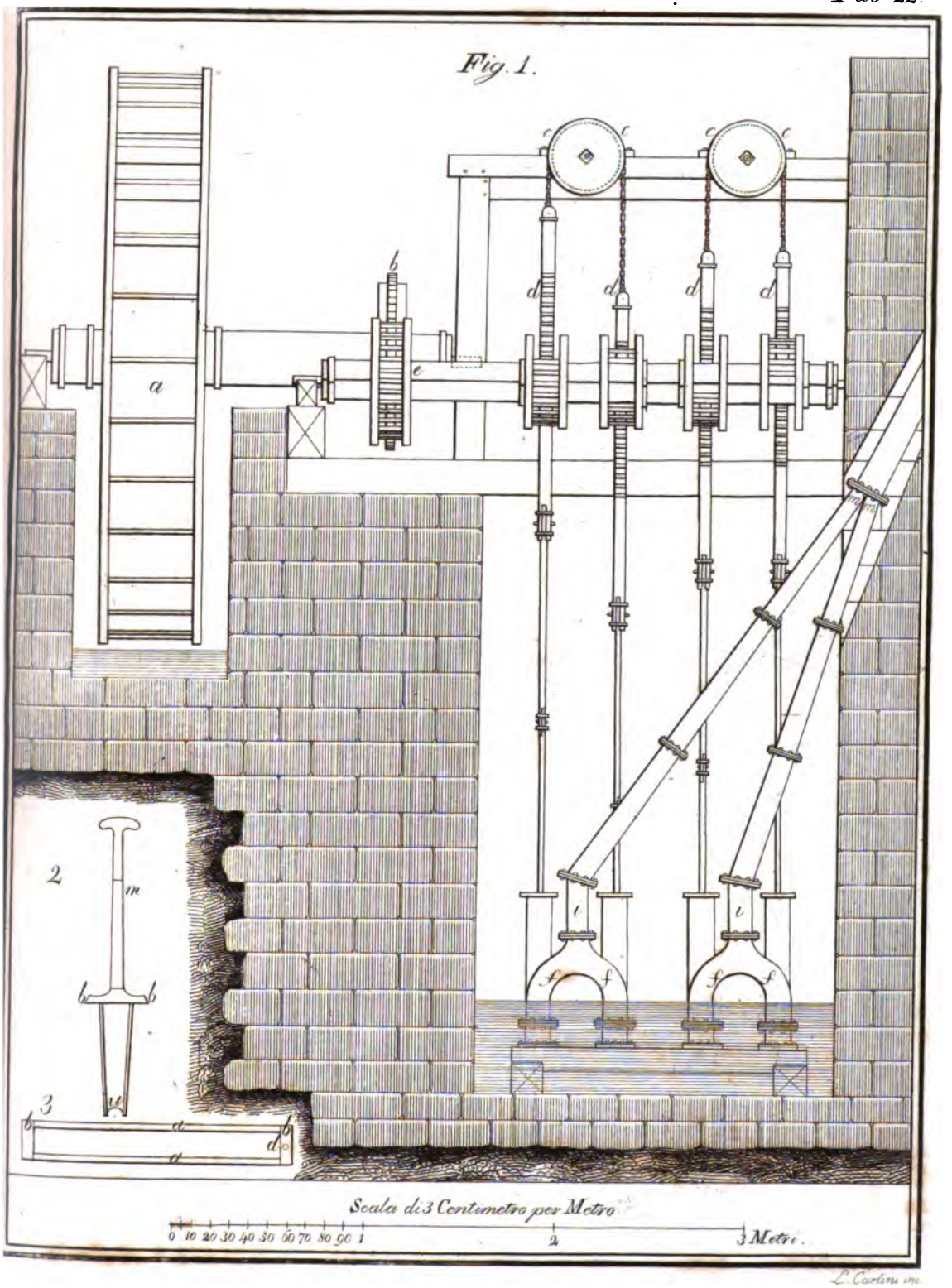


Fig. 1.
a
b
c
d
e
f
i
2
m
3
Scala di 3 Centimetro per Metro
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 1
2
3 Metri.

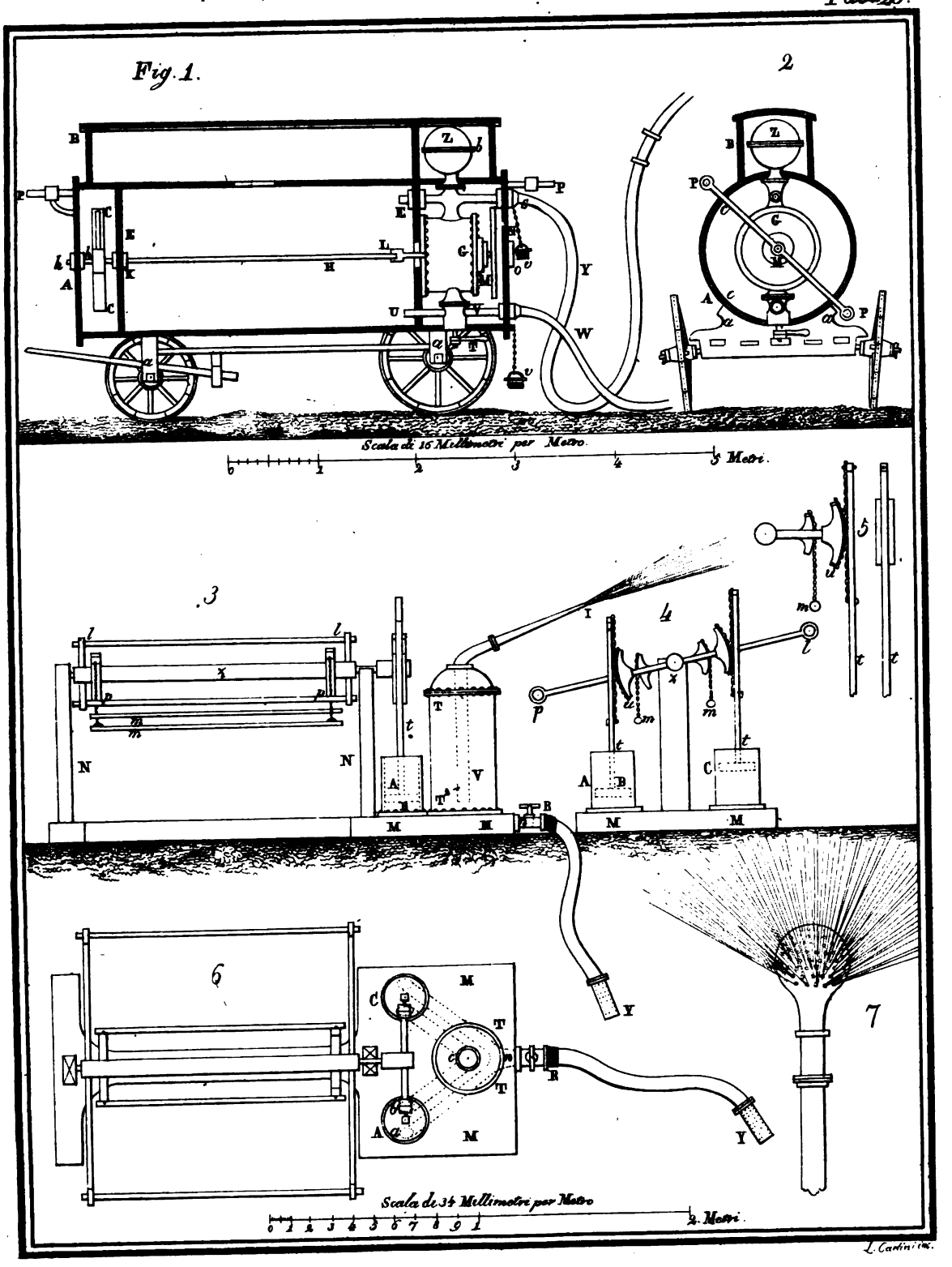
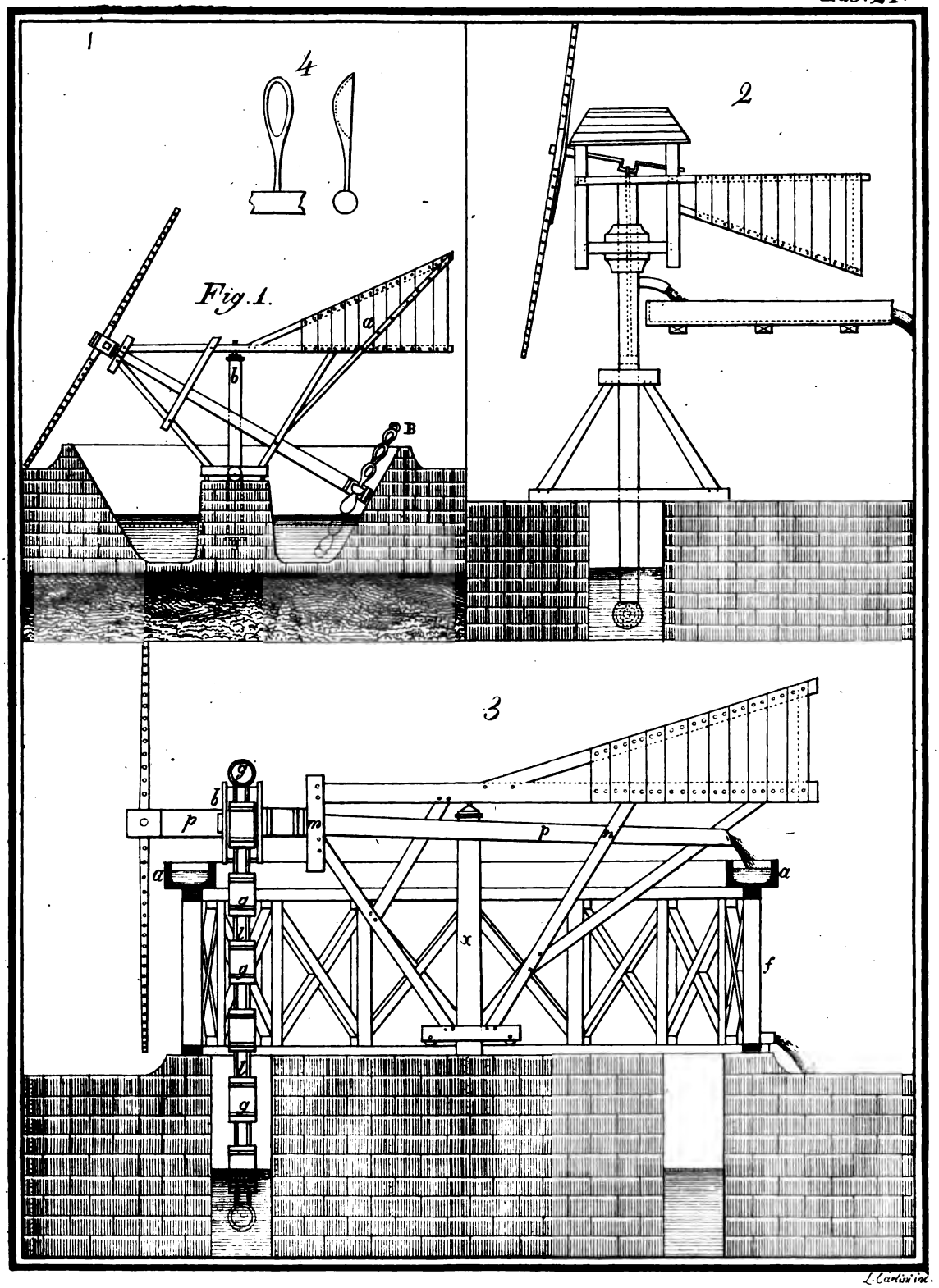
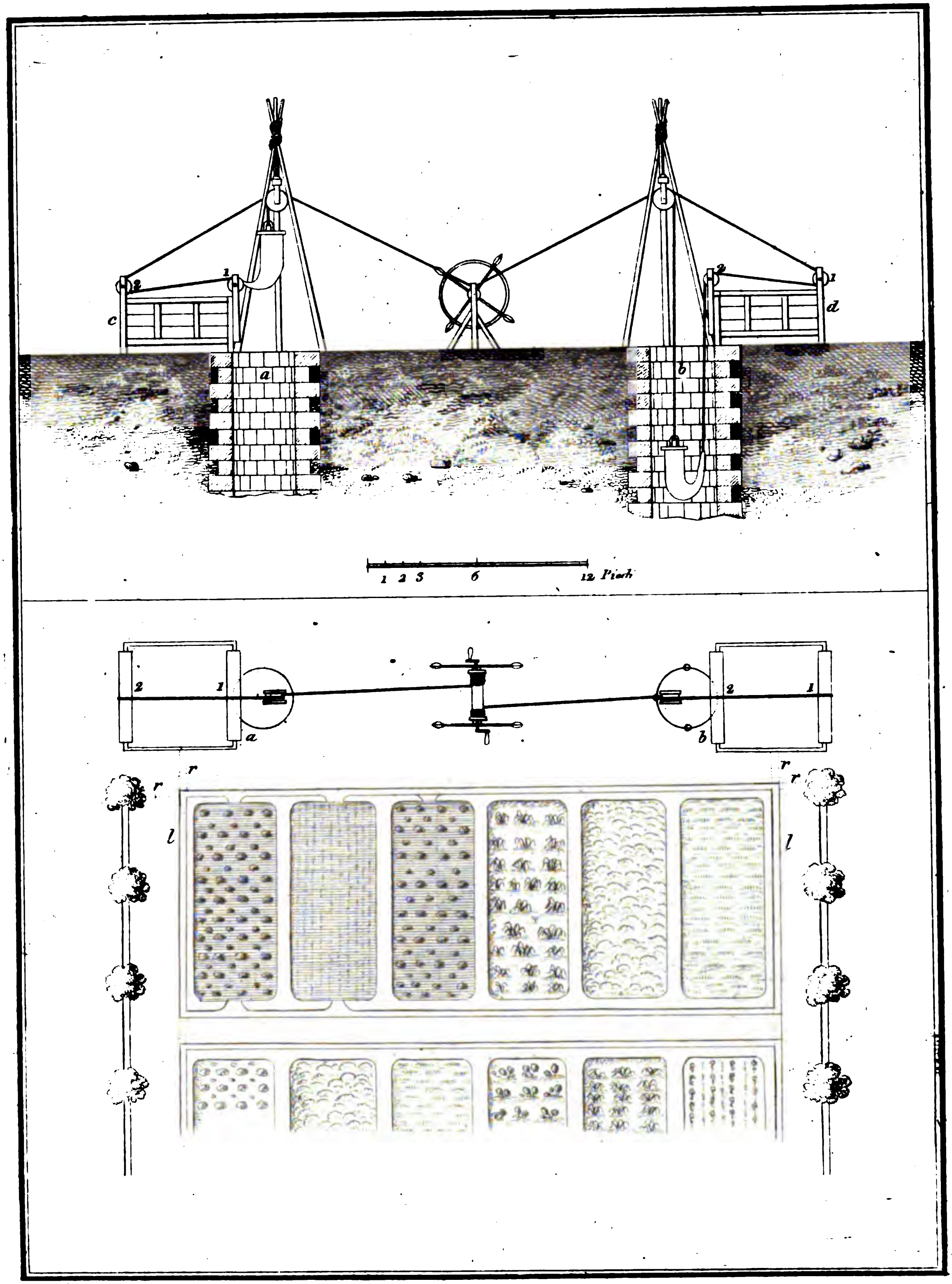


Fig. 1.
2
Scala di 16 Millimetri per Metro.
0 1 2 3 4 5 Metri.
3
4
5
6
7
Scala di 34 Millimetri per Metro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 Metri.
L. Cardini inc.

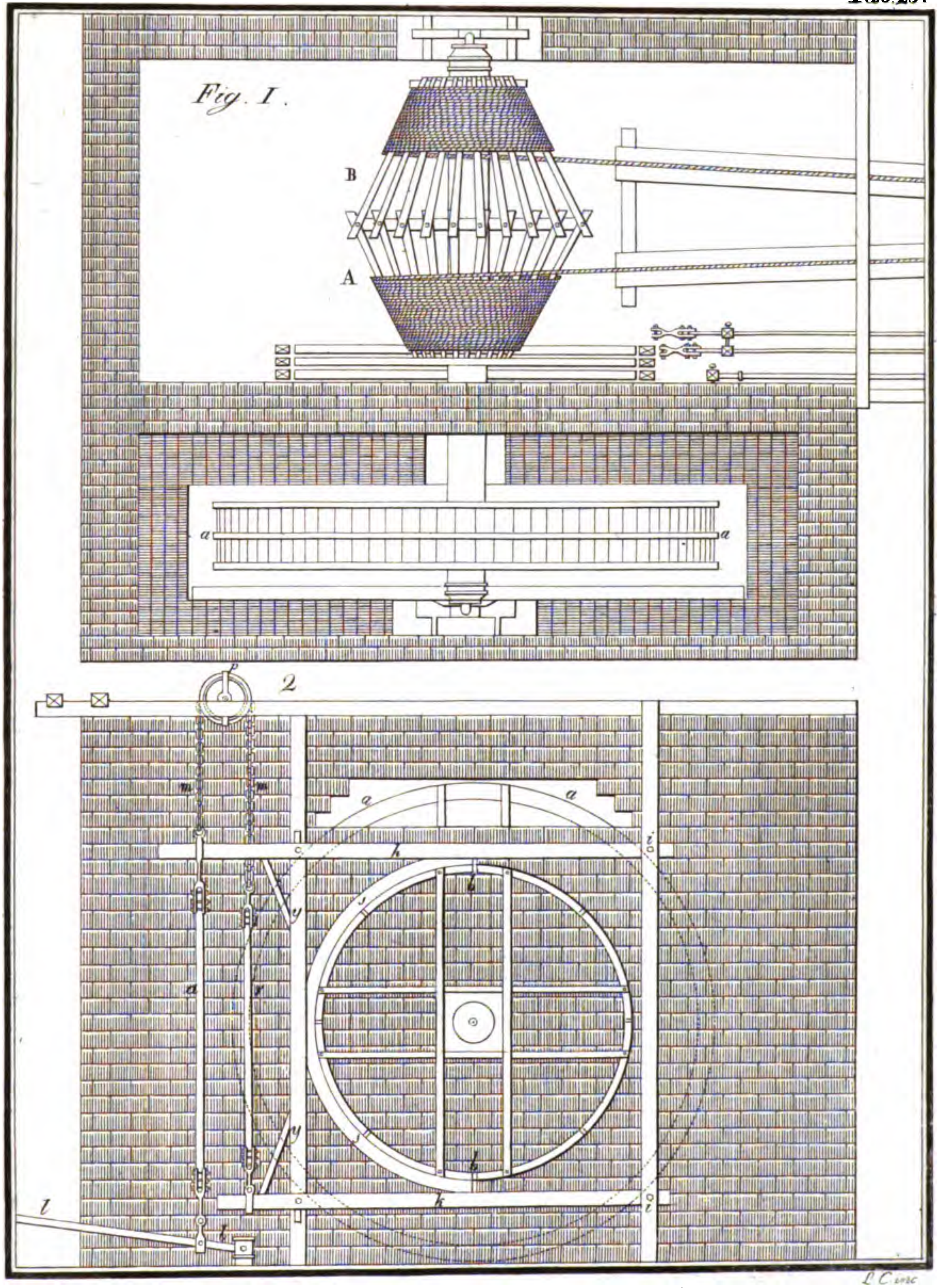
Tav. 24.



L. Carlini inc.



A. Nini inc.



L. C. inc.

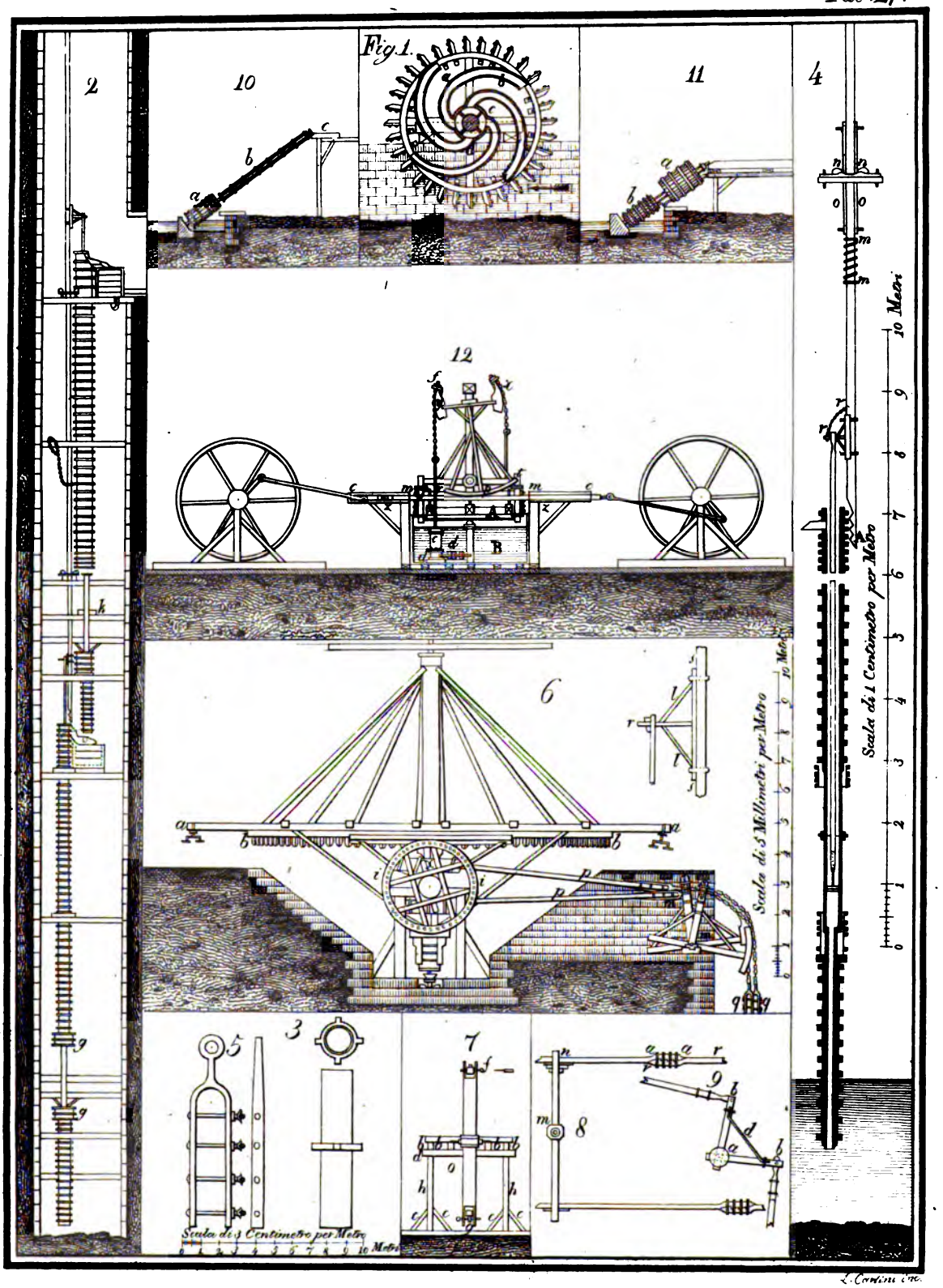


Fig. 1.
2
10
11
4
12
6
5
3
7
8
Scala di 1 Centimetro per Metro
Scala di 5 Millimetri per Metro
Scala di 3 Centimetro per Metro
10 Metri
L. Cordini inc.

Tav. 28.

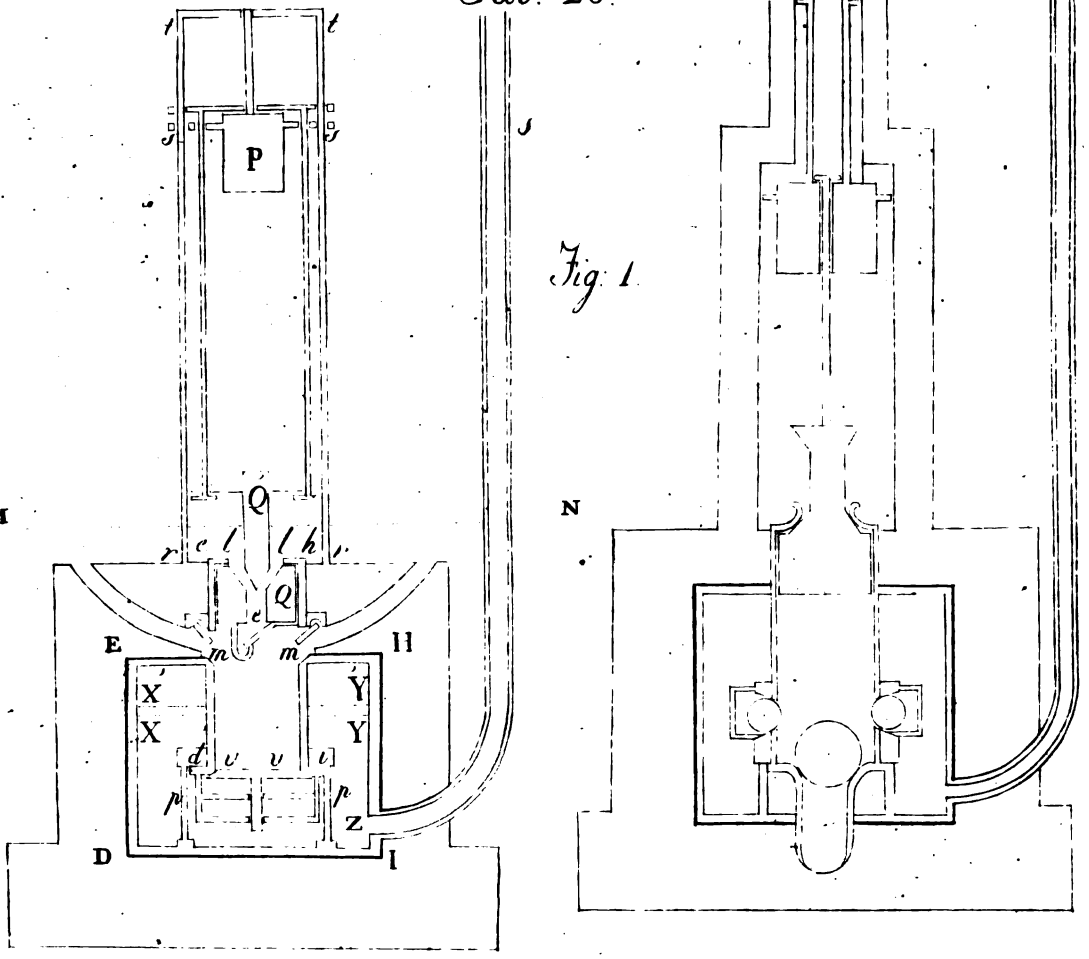


Fig. 1

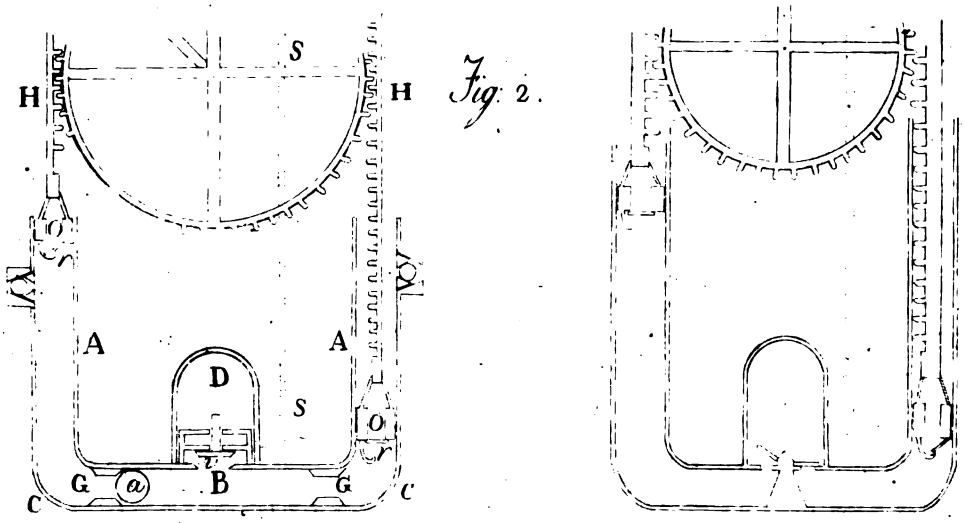


Fig. 2.

Tav. 29.

Fig. 3.

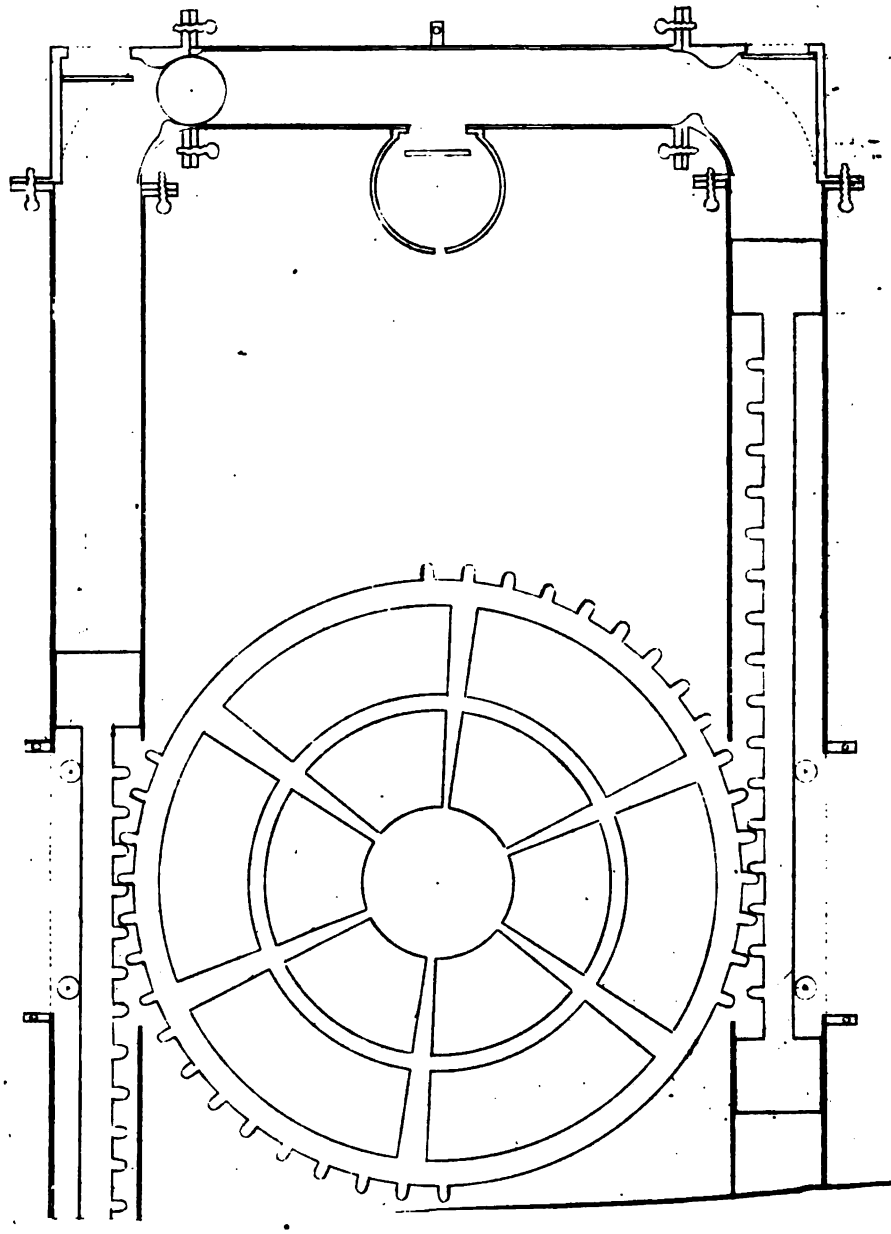


Fig. I.

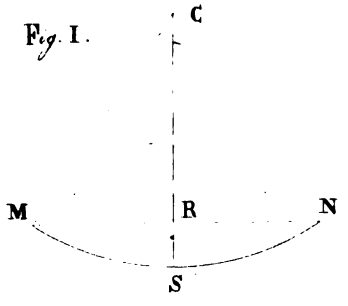
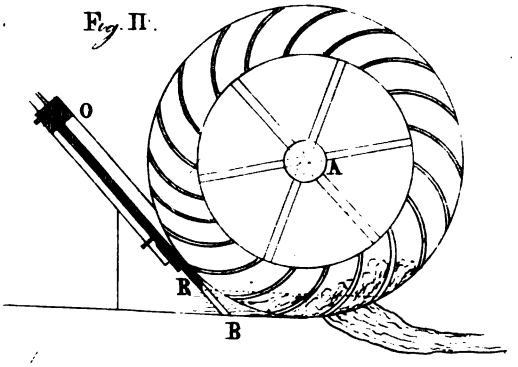


Fig. II.



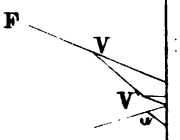
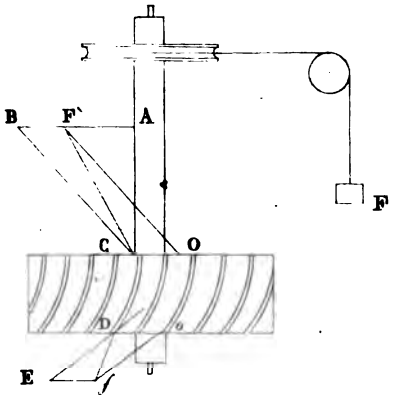


Fig. V.



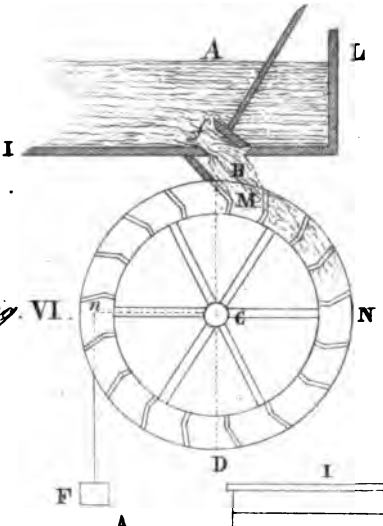


Fig. VII

Fig. IX.

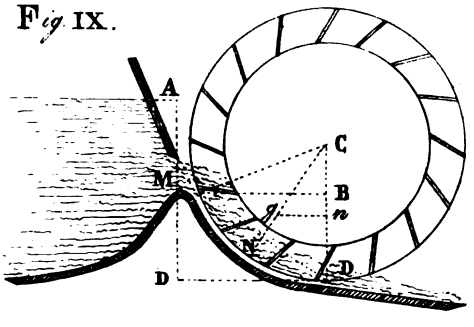


Fig. X.

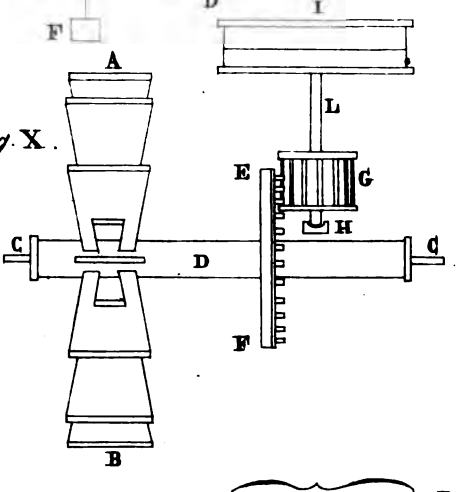


Fig.

Fig. XXIII.

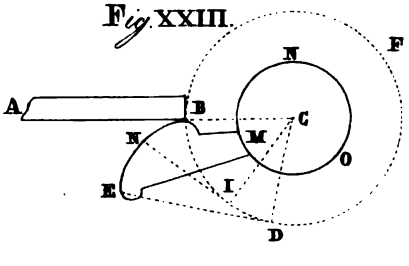
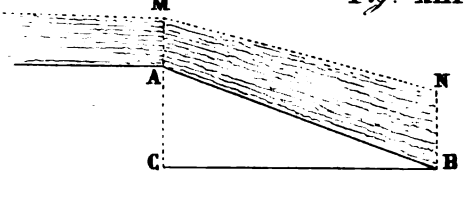
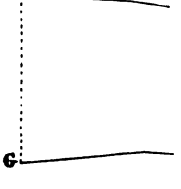


Fig. XIII.





vatore, in mezzo a degli ornati di architettura che so-
gono un frontone arcato con statue negli intercolonii
erali. Una così detta *Maestà* nel tamburo, o spazio in
zzo dell'arco, e dei Serafini nella gola del medesimo;
angioli sopra l'arco sedenti; tre come sospesi in aria
mezzo dell'architrave, o corda dell'arco tenenti una car-
gloria. In una specie d'imbasamento, su del quale po-
tutta la mole, sonovi alcune storie a basso rilievo, e nel-
estrem è ripetuta l'arme della famiglia che commise
lavoro. Fin quì non m'è riuscito di scuoprire se sia
to eseguito, e molto meno se sussista l'esecuzione. Nel
rattere, ed in qualche particolare si trova simile all'al-
re del S. Presepio che di terra della Robbia conservasi,
ammirasi fino a' dì nostri in Firenze nella Chiesa del
nastero delle Gesuate. Il fatto si è che tutti i profes-
i, e i dilettanti delle belle arti che l'hanno veduto ne
angono ammirati per la bellezza delle decorazioni, per
espressione e diligenza delle figure, quali d'intiero, qua-
di mezzo, quali di basso rilievo, e per le belle propor-
ni di tutto l'insieme; e si accordano a crederlo model-
to da Andrea del Verocchio. Ma di ciò basta: eccomi a
ello che più v'interessa. Vado indagando insieme, e rac-
gliendo quanto posso di cose relative alla storia. Tra i
SS. n'ho trovati alcuni che possono destare la vostra cu-
sità: uno è intitolato — *Relazione di Pollonia del Ch.
rolamo Lippomani dell'anno 1570.* Fu questo Lippomani
basciatore de' Veneziani al Re, ed alla Repubblica di
llonia. Secondo l'uso degli ambasciatori all'estero degli
tichi Governi italiani informa compendiosamente la Si-
noria Veneta di tutto quello, che concerneva alla storia
ntica, alla natura del clima, al terreno, ai prodotti,
l commercio, allo stato civile, e militare della Pollonia.
on vi è dubbio che questi non sieno stati i primi passi
ella statistica, e della scienza economica, delle quali, co-
e di tant'altre, debbesi l'invenzione agl'Italiani. In

3 2044 079 963 955